DAS

SKALEN-PHOTOMETER

EIN NEUES INSTRUMENT

ZUR

MECHANISCHEN MESSUNG DES LICHTES

NEBST BEITRÄGEN

ZUR

GESCHICHTE UND THEORIE

DER

MECHANISCHEN PHOTOMETRIE

VON

FRIEDRICH ZÖLLNER
Professor der Astrophysik an der Universität Leipzig.

Mit 1 Tafel in Lichtdruck und 3 Tafeln in Steindruck

und einem

Nachtrag zum dritten Bande der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" über die „Geschichte der vierten Dimension" und die „hypnotischen Versuche des Hrn. Professor Weinhold etc."

LEIPZIG.
COMMISSIONSVERLAG VON L. STAACKMANN.
1879.

„Die negative und positive Wirksamkeit der Materien, vornehmlich bei der Elektricität, verbergen allem Ansehen nach wichtige Einsichten, und eine glücklichere Nachkommenschaft, in deren schöne Tage wir hinaussehen, wird hoffentlich davon allgemeine Gesetze erkennen, was uns für jetzt in einer noch zweideutigen Zusammenstimmung erscheint."

„Ueberhaupt scheinen die magnetische Kraft, die Elektricität und die Wärme durch einerlei Mittelmaterie zu geschehen." (1763.)

Kant.
Werke I. S. 141 u. 140.

„Die in allen ponderabeln Körpern beweglichen Theile, deren Bewegung Wärme ist, sind identisch mit den in allen ponderabeln Körpern enthaltenen Theilen, deren Bewegung Magnetismus ist. Es gibt keine andern von den ponderabeln unabhängig beweglichen Theile im Innern der Körper als diese, nämlich die elektrischen Theile." (1875.)

Wilhelm Weber.
Poggendorff's Annalen Bd. 156. S. 36.

Inhalt.

Nachtrag.

Einleitung.

Als ich vor 23 Jahren in meinen „Photometrischen Untersuchungen“ (Poggendorff’s Annalen 1857 Bd. 100) die Construction eines Polarisationsphotometers beschrieb und einige mit demselben angestellte Beobachtungen mittheilte, waren die optisch-physiologischen und chemischen Wirkungen des Lichtes die einzigen, welche praktisch zu Intensitätsbestimmungen desselben benutzt werden konnten. Man war bei optischen Untersuchungen lediglich auf die Fähigkeit des menschlichen Auges beschränkt, Helligkeits-Unterschiede zweier Flächen zu beurtheilen, welche unter günstigen Umständen möglichst dicht aneinandergrenzend dem Auge dargeboten wurden. Es war also die Netzhaut des Auges gleichsam ein integrirender Bestandtheil des photometrischen Apparates, und wie verschiedenartig auch die Principien und Formen der photometrischen Instrumente sein mochten, so war doch die Genauigkeit der Messung in letzter Instanz durch die Empfindlichkeit unseres Auges für Intensitätsunterschiede bedingt. Da solche Helligkeitsunterschiede am leichtesten wahrgenommen werden, wenn die zu vergleichenden Flächen möglichst dicht aneinander grenzen, so musste das empfindlichste Photometer dasjenige sein, bei welchem unter Voraussetzung vollkommener objectiver Farbengleichheit der verglichenen Lichtmengen der Unterschied der beiden hierdurch erleuchteten Flächen für unser Auge verschwindet. Diese Bedingung hatte ich in meinem vor 23 Jahren construirten Polarisationsphotometer verwirklicht und gezeigt, dass unter den oben angegebenen günstigen Bedingungen unter 6 einzelnen Beobachtungen die grösste Abweichung der verglichenen Lichtmengen für mein Auge

nur $\frac{1}{384}$ betrug.[1]) Zur ferneren Prüfung der Genauigkeit meines Photometers habe ich alsdann noch den Absorptionscoëfficienten des destillirten Wassers bestimmt und gezeigt, dass derselbe mit dem von Wild[2]) nach einer andern Methode gefundenen im Mittel aus zwei Messungen sehr gut übereinstimmte. Für die Dicke einer Wasserschicht von 1 Par. Zoll hatte nämlich Wild den Werth gefunden $a = 0,98835$, während sich als Mittel zweier Messungen mit meinem Photometer der Werth $a = 0,9893$ ergeben hatte. Für eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd fand sich durch ähnliche Messungen $a = 0,9846$.

So günstige Umstände, wie sie bei den vorstehenden Messungen mit meinem Polarisationsphotometer verwirklicht waren, lassen sich aber nur in wenigen Fällen praktisch herstellen. Der geringste Farbenunterschied und die kleinste Schwankung der angewandten Lichtquellen reicht schon hin, die obige Empfindlichkeit bedeutend herabzusetzen.

Wie schon bemerkt, haben die auf dem physiologischen Principe der optischen Vergleichung basirten Photometer streng genommen nur dann eine physikalische Bedeutung, wenn die verglichenen Lichtmengen physikalisch gleich zusammengesetzt sind, d. h. aus Strahlen von derselben Wellenlänge bestehen, wie ich dies in eingehender Weise in meinen „Grundzügen einer allgemeinen Photometrie des Himmels“ (1861) auseinandergesetzt habe. Sehr treffend und prägnant hebt Hr. Helmholtz in seiner „Physiologischen Optik“ (1867) die Bedingungen hervor, unter denen allein den optisch-photometrischen Beobachtungen ein physikalischer Werth beizulegen ist, indem er a. a. O. S. 327 bemerkt:

„Wir müssen hier noch Rechenschaft geben über die Methoden der Photometrie, soweit dabei die physiologischen Eigenschaften des Auges in Betracht kommen. Wir sehen dabei ab von allen Methoden, wobei die

---

[1]) Vgl. „Photometrische Untersuchungen insbesondere über die Lichtentwickelung galvanisch glühender Platindrähte. Inauguraldissertation der philosophischen Facultät zu Basel zur Erlangung der Doctorwürde vorgelegt.“ Basel 1859. S. 27.

[2]) Poggendorff's Annalen. Bd. 99. S. 264.

Vergleichung der Helligkeiten nicht durch das Auge, sondern durch die photochemischen Wirkungen, oder die absorbirte Wärme geschieht. Dabei ist zu bemerken, dass das Auge sehr wohl gebraucht werden kann, um zwei Lichtmengen von gleicher Qualität, z. B. zwei Mengen weissen Lichtes, oder zwei Mengen von derselben einfachen Farbe untereinander zu vergleichen. Denn wenn zwei Lichtmengen gleicher Qualität das Auge unter gleichen Umständen gleich stark afficiren, dürfen wir schliessen, dass auch ihre objective Intensität gleich gross sei. Für solche Fälle dürfen wir das Auge als ein bequemes und empfindliches Reagens anwenden, und können uns unabhängig machen von den besonderen Eigenschaften dieses Reagens, so dass wir objectiv gültige Resultate erhalten."

„Dagegen ist streng festzuhalten, was aus den oben angeführten Thatsachen klar genug hervorgeht, dass jede Vergleichung verschiedenfarbigen Lichtes durch das Auge nur einen physiologischen Werth hat, und nichts aussagt über die objective Stärke des verglichenen Lichtes, so dass dergleichen photometrische Messungen durchaus innerhalb des Gebietes der physiologischen Optik bleiben."

Soll nun die Photometrie aus dem Bereiche der physiologischen Optik in die Classe der physikalischen Maassbestimmungen treten, so müssen an Stelle der physiologischen Wirkungen des Lichtes solche Eigenschaften desselben zur Construction photometrischer Apparate benutzt werden, welche messbare Raumveränderungen, d. h. sichtbare Bewegungen an Körpern zu erzeugen im Stande sind. Denn an diese Bedingung sind praktisch alle physikalischen Messinstrumente geknüpft. So bedienen wir uns z. B. bei der Temperaturbestimmung der messbaren Volumenveränderung des Quecksilbers durch die Wärme, bei Intensitätsbestimmungen des elektrischen Stromes, der durch ihn bewirkten Ablenkung der Magnetnadel eines Galvanometers u. s. w. Stets muss die quantitativ zu bestimmende Naturkraft eine solche sein, die unter geeigneten Bedingungen räumliche Veränderungen an Körpern zu erzeugen im Stande ist. Kennt man alsdann die mathematische Beziehung, in welcher die Grösse der Wirkung zu der sie erzeugenden Ursache steht, so gibt uns die messbare Raumgrösse ein Maass für die Grösse der zu messenden Kraft. Für die optisch wirksamen Strahlen des Lichtes fehlte es bis vor Kurzem an der Kenntniss einer solchen Eigenschaft, durch welche direct oder indirect Bewegungen durch Licht erzeugt werden können, deren Grösse in bequemer Weise

einen Schluss auf die Intensität der wirksamen Strahlen gestatteten.[1])

Die Geschichte der Entdeckung einer solchen Eigenschaft des Lichtes habe ich ausführlich im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ S. 527—566 behandelt und gezeigt, dass dieselbe bis zum Jahre 1696 zurückreicht, in welchen der holländische Physiker Nicolaus Hartsoeker in seinem zu Paris erschienenen „*Principes de Physique*“ Versuche mittheilt, welche seiner Ansicht nach beweisen sollen, dass die Sonnenstrahlen die Kraft besitzen, Körper, auf welche sie treffen, in Bewegung zu setzen. Unter der Ueberschrift: „*Expériences qui font voir que les rayons du Soleil ont de la force pour donner du mouvement aux corps qu'ils rencontrent en leur chemin*“ beschreibt Hartsoeker derartige Experimente, ohne jedoch die Einwände genügend zu berücksichtigen, welche der Beweiskraft seiner Versuche mit Recht gemacht werden können. Fernere Experimente zu dem beabsichtigten Zweck werden alsdann von Mairan (1747), Michell (1784), Fresnel (1825), Mark Watt (1828), Muncke (1829) und in unseren Tagen gleichzeitig und gänzlich unabhängig von einander von dem Engländer Crookes und dem Deutschen A. Bergner[2]) beschrieben.

Ich selbst lernte die radiometrischen Bewegungen aus eigener Anschauung zuerst im Laboratorium des Herrn Professor Crookes bei meinem Aufenthalte in London im

---

[1]) Ueber die zuerst von Becquerel im Jahre 1851 zur Benutzung für die mechanische Photometrie vorgeschlagenen elektrischen Ströme, welche bei einseitiger Beleuchtung eines Elektrodenpaares in einer Flüssigkeit erzeugt werden, habe ich im 1. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ S. 605 Ausführliches mitgetheilt. Ebenso sind dort die im Jahre 1873 zuerst von dem Engländer Sale entdeckten galvanischen Eigenschaften des krystallisirten Selens und die darauf von Werner Siemens basirten mechanisch-photometrischen Methoden in eingehender Weise besprochen worden. Vgl. S. 567 u. 608 a. a. O.

[2]) Vgl: „Die Anziehung und Abstossung durch Wärme und Licht und die Abstossung durch Schall, von A. Bergner. Boizenburg an der Elbe. Verlag von L. Herold 1874.“ Ausführliche, wörtliche Citate aus dieser kleinen, hochinteressanten Schrift habe ich im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ S. 551 ff. mitgetheilt.

September 1875 kennen. Ich war damals nach Beendigung der Astronomenversammlung in Leiden in Gesellschaft meines Freundes J. Repsold über Rotterdam nach London gereist. Hr. Dr. Huggins, dessen astrophysikalisches Observatorium in Upper Tulse Hill wir in Augenschein genommen hatten, war so freundlich uns am nächsten Tage aus unserem Hôtel zu einem gemeinschaftlichen Besuch bei Herrn Professor Crookes abzuholen, welcher uns in bereitwilliger und liebenswürdiger Weise in seinem Laboratorium zahlreiche Radiometer von verschiedenster Construction und die Methoden ihrer Herstellung erläuterte. Ueber diesen Besuch bei Herrn Crookes habe ich mich bereits in den „Berichten der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften" (Sitzung v. 12. Februar 1876) wörtlich wie folgt ausgesprochen:

„Ich sah bei dieser Gelegenheit zum ersten Male die merkwürdigen Rotationserscheinungen in den von Herrn Crookes construirten Radiometern und beschloss sogleich, mit Erlaubniss von Professor Crookes, auf meiner Rückreise Herrn Dr. Geissler in Bonn für die Construction solcher Radiometer zu interessiren. Es gelang mir dies auch in so hohem Maasse, dass ich bereits nach einem 14tägigen Aufenthalte in Bonn, Dank der bewährten und weltbekannten Geschicklichkeit Dr. Geissler's, drei Exemplare solcher Radiometer von Crookes mit nach Leipzig nehmen und der K. S. Gesellsch. d. W. in einer öffentlichen Gesammtsitzung am 13. Dec. 1875 vorzeigen konnte. Seitdem hat mir Herr Professor Crookes in der zuvorkommendsten Weise schriftlich seinen Rath bei der Construction photometrischer Apparate zu Theil werden lassen und gleichzeitig sein lebhaftes Interesse an den so schnell gelungenen Resultaten Dr. Geissler's ausgedrückt.

Zu diesen Bemerkungen sehe ich mich in Folge eines bereits während meines Aufenthaltes in Bonn auftauchenden Gerüchtes veranlasst, nach welchem Herr Professor Crookes „unwillig" über die gegen seinen Willen bewirkte Verbreitung der Radiometer durch Dr. Geissler sein sollte.

Ganz abgesehen davon, dass damals bereits die ausführliche Beschreibung dieses Apparates mit genauer An-

gabe aller Vorsichtsmaassregeln bei seiner Anfertigung im „*Quarterly Journal of Science ed. by W. Crookes*“ No. 47 (Juli 1875) p. 337 ff. publicirt war, widerspricht eine solche Annahme so sehr dem durchaus wissenschaftlichen und wahrheitsliebenden Charakter des Herrn Crookes, dass er mir gestatten möge, dies hier öffentlich auszusprechen. Die Wissenschaft hat vielmehr alle Ursache, diesem englischen Gelehrten dankbar zu sein, dass er durch seine eben so grosse Geschicklichkeit als Ausdauer und Beharrlichkeit die Physik um eine neue Thatsache bereichert hat.“

Ich liess mir von Hrn. Geissler, der im vorigen Jahre gestorben ist, eine grössere Anzahl verschiedener Radiometer anfertigen und machte den von mir hochverehrten und befreundeten Physikern Fechner, F. Neumann in Königsberg, Poggendorff und Wilhelm Weber jedem ein solches Radiometer zum Geschenk, um ihnen Gelegenheit zu geben, diese merkwürdige neue Eigenschaft des Lichtes aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Während sich Poggendorff auf's Lebhafteste für diese neue physikalische Thatsache interessirte, verhielten sich die tonangebenden Physiker in Berlin apathisch und zum Theil ablehnend. „Luftströmungen“ war als Losung für die noch unbekannten Ursachen der radiometrischen Phänomene ausgegeben worden, und bei der intellectuellen Befangenheit und Abhängigkeit der Berliner Kreise, nicht nur auf politischem sondern auch auf wissenschaftlichem Gebiete, konnte es nicht fehlen, dass auch andere Physiker bei nicht genügender Literaturkenntniss den von Crookes entdeckten neuen Thatsachen nur geringes Interesse entgegenbrachten. — Als ich am letzten Geburtstage Poggendorff's meinen Gratulationsbesuch abstattete, versammelten sich allmälig eine ganze Anzahl von Freunden und Verehrern des würdigen Mannes aus den naturwissenschaftlichen Kreisen der Akademie und Universität. Poggendorff zeigte ihnen die aus Leipzig mitgebrachten neuen Radiometer, von denen ihm namentlich das aus Halbschalen von Aluminium von mir construirte eine besondere Freude bereitet hatte. „Ich begreife unsere Berliner Physiker nicht“, bemerkt der Akademiker Professor K. . . . ., „dass sie sich

so indifferent und ablehnend diesen Erscheinungen gegenüber verhalten. Es sind doch neue Thatsachen!" Ich suchte mir diese Abneigung aus dem Umstande zu erklären, dass Hr. Professor Crookes sich zugleich mit einer physikalischen Untersuchung der spiritistischen Erscheinungen beschäftigt hatte, und in der That erhielt diese Conjectur später eine merkwürdige Bestätigung durch die Mittheilung eines Leipziger Collegen, dass ein hervorragendes Mitglied der Berliner Akademie schriftlich den deutschen Physikern den Vorwurf gemacht habe, sie rechneten zu viel und experimentirten zu wenig. Nur diesem Umstande sei es zuzuschreiben, dass ihnen die Priorität einer so wichtigen Entdeckung entgangen und „einem englischen Spiritisten zu Theil geworden sei."

Da ich selber nun, wie bekannt, bei meinen Forschungen im Gebiete der Naturwissenschaft mehr experimentire und beobachte als rechne, so freut es mich durch das obige Urtheil eines Vertreters der Berliner Akademie noch nachträglich eine Anerkennung der von mir befolgten Methode constatiren zu können.

Nach diesen Worten über meine wissenschaftlichen und persönlichen Beziehungen zu den Untersuchungen über Radiometrie und mechanische Photometrie erlaube ich mir zunächst wörtlich meine vor drei Jahren in Poggendorff's Annalen veröffentlichten „Untersuchungen über die Bewegungen strahlender und bestrahlter Körper" zu reproduciren, um alsdann zu zeigen, wie durch die neueren Untersuchungen von Crookes meine theoretischen Vorstellungen bestätigt werden, welche ich vom Beginn meiner Experimente an diese neuen Thatsachen der Beobachtung geknüpft habe.

Untersuchungen

über die

Bewegungen strahlender und bestrahlter Körper.

Erste Abhandlung.

(Poggendorff's Annalen 1877. Januar-Heft.)

In meiner Abhandlung „über die physikalischen Beziehungen zwischen hydrodynamischen und elektrodynamischen Erscheinungen“[1]) hatte ich im Zusammenhange mit anderen Betrachtungen auf die Folgerungen hingewiesen, welche sich aus der elektromagnetischen Theorie des Lichtes für die repulsive Kraft eines Lichtstrahles ergeben. Bekanntlich hat Hr. Maxwell[2]) diese Theorie in neuerer Zeit in einigen ihrer Consequenzen so erfolgreich entwickelt, dass es Hrn. Boltzmann u. A. möglich war, die Ergebnisse jener Theorie durch neue und überraschende Thatsachen der Beobachtung zu bestätigen. Es schien daher geboten, dieser Theorie auch in Bezug auf diejenigen Erscheinungen eine nähere Beachtung zu Theil werden zu lassen, welche eingehender zuerst von Fresnel,[3]) besonders aber von Mark Watt[4]) und Muncke,[5]) und am erfolgreichsten in unseren Tagen von Hrn. Crookes untersucht und beschrieben worden sind.

---

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Ges. d. W. Sitzung v. 12. Febr. 1876.

[2]) Sitzungsberichte d. Kais. Acad. d. W. zu Wien, 23. April 1874.

[3]) *Ann. de Chim. et de Phys. T. XXIX, p. 57 ff.* u. *p. 107* (13. Juni 1825).

[4]) *Edinburgh new Philos. Journal Vol. V. p. 122—128.* (1828 April bis September.)

[5]) Pogg. Ann. Bd. 17. (1829.) S. 159—165. — Bd. 18. S. 239—240. — Bd. 20. S. 417. — Bd. 25. S. 241 — 270. — Bd. 29. S. 381 — 403. 1833.)

Hr. Maxwell spricht in seinem 1873 erschienenen Werke „*Treatise on Electricity and Magnetism, Vol. II. p. 391*“ die erwähnte Folgerung der repulsiven Wirkung eines Lichtstrahles in folgendem Satze aus:

„Ein flacher, dem Sonnenlichte ausgesetzter Körper würde diesen Druck nur auf seiner erleuchteten Seite erleiden, und würde deshalb an der Seite, auf welche das Licht fällt, zurückgestossen werden. Es ist wahrscheinlich, dass eine viel grössere Energie der Strahlung mit Hülfe der concentrirten Strahlen des elektrischen Lichtes erzielt werden würde. Solche Strahlen, indem sie auf eine dünne Metallscheibe fallen, welche leicht beweglich in einem Vacuum aufgehängt ist, mögen vielleicht einen bemerkbaren mechanischen Effect erzeugen.“ [1])

Hr. Maxwell berechnet a. a. O. einen numerischen Werth des Druckes, welchen ein Sonnenstrahl auf einen Quadrat-Fuss jener Theorie gemäss ausüben müsste, indem er bemerkt:

„*the mean pressure on a square foot is 0,0000000882 of a pound weight.*“

In meiner oben citirten Abhandlung hatte ich zu zeigen versucht, dass die elektrodynamische Theorie der Materie auch vom atomistischen Standpunkte zu ähnlichen Resultaten, wie die Theorie Maxwell's führt und war gelegentlich bemüht, diese Resultate zur Erklärung der scheinbaren Abstossung und Anziehung der Körper durch Bestrahlung zu verwerthen. Gleichzeitig hatte ich a. a. O. darauf aufmerksam gemacht, dass der von Maxwell theoretisch erlangte Werth ungefähr 100,000 Mal kleiner sei als der von Crookes in einem speciellen Falle beobachtete Werth der Resultante. [2])

Wenn der hier stattfindende Unterschied der wirksamen Kräfte in der That begründet ist, so würde sich hieraus ergeben,

---

[1]) „*A flat body exposed to sunlight would experience this pressure on its illuminated side only, and would therefore be repelled from the side on which the light falls. It is probable that a much greater energy of radiation might be obtained by means of the concentrated rays of the electric lamp. Such rays falling on a thin metallic disc, delicately suspended in a vacuum, might perhaps produce an observable mechanical effect*“ (*p. 391. l. c.*).

[2]) Vgl. *Times* v. 15. Febr. 1876. Mr. Crookes *has made experiments on the sun's light, and has worked out some calculations on it. It is equal to a pressure of 32 grains on the square foot*“ (*1 pound = 5760 grains*).

dass die elektromagnetische Theorie des Lichtes zur Erklärung der in den Crookes'schen Radiometern auftretenden Bewegungserscheinungen nicht ausreichend ist. Bevor jedoch hierüber endgültig entschieden werden kann, bedarf es zunächst der Anstellung eines Versuches, bei welchem möglichst vollkommen diejenigen Bedingungen realisirt sind, welche Hr. Maxwell in dem oben citirten Satze gefordert hat. Um diesen Bedingungen zu genügen, stellte ich folgenden Versuch an.

Erster Versuch.

In einem Glasgefässe von der Grösse und Form der jetzt allgemein verbreiteten Radiometer (Fig. 1, Tafel I) ist an dem einen Ende eines schmalen Aluminiumstreifens ein Goldblättchen in Form einer kreisförmigen Scheibe von etwa 35^{mm} Durchmesser befestigt. Der Aluminiumstreifen ist vermittelst eines Glashütchens ganz wie in den Radiometern auf einer verticalen Stahlspitze leicht beweglich. Das Innere des Gefässes wurde mit Hülfe einer Quecksilber-Luftpumpe und den erforderlichen Trockenapparaten ebenso leer gepumpt wie ein Radiometer. Wird nun das Goldplättchen von der einen Seite einer senkrechten Bestrahlung durch Sonnenlicht ausgesetzt, so beobachtet man keine gesetzmässige Abstossung. Das Goldblättchen zeigt sich fast indifferent gegenüber der Bestrahlung und nimmt nicht selten eine solche Stellung ein, dass die eine Seite intensiv bestrahlt, die andere beschattet ist.

Modificationen des Versuches.

Erste Modification. Der beschriebene Erfolg ist derselbe, wenn an Stelle des Goldblättchens ein Silberblättchen oder eine auf beiden Seiten vollkommen ebene und überall gleich blanke Scheibe von dünnem Aluminiumblech benutzt wird (Fig. 1*a*, Taf. I).

Zweite Modification. Um die Verschiedenheit zwischen der direct und indirect (durch Reflexionen von der Gefässwand und den umgebenden Objecten) bestrahlten Seite nicht durch Leitung der Wärme im Innern der dünnen Metallflächen aufzuheben — was bei der geringen

Dicke eines Goldblättchens wohl fast vollkommen geschieht — wurde an Stelle der oben erwähnten Scheibe von Aluminiumblech ein Glimmerblättchen benutzt und dieses von beiden Seiten mit gleich grossen, ebenen und nicht geschwärzten Platten von Aluminiumblech beklebt (Fig. 1*b*, Taf. I). Auch eine so präparirte ebene Scheibe wird durch senkrechte Bestrahlung durch Sonnenlicht nicht afficirt. Während eine grössere Zahl verschiedener Radiometer im hellen Sonnenschein in lebhafter Bewegung sich befinden, verharrt der zuletzt beschriebene Apparat unbeweglich in einer Stellung, bei welcher die eine Seite der Platte nahezu senkrecht von den Sonnenstrahlen getroffen wird.

Dritte Modification. Wird eine ebene Aluminiumscheibe nur einseitig mit einer Glimmerscheibe beklebt, und von der nicht beklebten, metallischen Seite durch die Sonne bestrahlt, so erfolgt eine sehr kräftige Abstossung (Fig. 1*c*). Radiometer, deren Flügel, wie im vorliegenden Falle, aus blankem Aluminiumblech bestehen und statt der einseitigen Schwärzung einseitig mit Glimmerblättchen beklebt sind, haben Hr. Crookes[1]) und die Gebrüder Alvergniat[2]) mit Erfolg construirt.

Folgerungen.

Die bisher mitgetheilten Versuche berechtigen, wie ich glaube, zu folgenden Schlüssen.

Erstens. Der Temperatur-Unterschied, welcher durch einseitige Bestrahlung einer ebenen Metallfläche zwischen der beleuchteten und beschatteten, oder, was in Wirklichkeit dasselbe ist, zwischen der direct und indirect durch Reflexe bestrahlten Seite erzeugt wird, kann nicht die Ursache der in den oben erwähnten Radiometern beobachteten Bewegungen sein. Denn in der dritten Modification (Fig. 1*c*, Taf. I) muss offenbar der Temperatur-Unterschied zwischen den bestrahlten und beschatteten Flächenelementen p und p' kleiner

[1]) *London Royal Society 10. Febr. 1876* und *Comptes rendus 11. Sept. 1876, p. 572.*
[2]) *Comptes rendus 24. Juillet 1876.*

als in der zweiten Modification (Fig. 1*b*) sein, indem hier die bestrahlte und beschattete Seite nicht nur durch die Dicke des Glimmerblättchens, sondern auch noch durch die doppelte Dicke des Aluminiumbleches von einander getrennt sind, und daher nothwendig die Ausgleichung der Temperaturdifferenz durch Leitung zwischen der beleuchteten und beschatteten Seite eine geringere als in der zweiten Modification sein muss. Da nun aber trotz der grösseren Temperaturdifferenz bei dieser zweiten Modification (Fig. 1*b*) keine merkliche Abstossung erfolgt, dagegen in der dritten Modification (Fig. 1*c*) bei einer kleineren Temperaturdifferenz eine sehr energische Abstossung eintritt, so kann eine Theorie, welche eine Temperaturdifferenz zur nothwendigen Voraussetzung ihrer Deductionen macht, nicht zur Erklärung der oben beschriebenen Bewegungserscheinungen benutzt werden.

Die sogenannte mechanische oder kinetische Gastheorie, welche gegenwärtig, wie es scheint, von der Mehrzahl der Physiker als Ausgangspunkt für die Erklärung der radiometrischen Erscheinungen benutzt wird (indem die grössere Geschwindigkeit, mit welcher die Gasmolecüle von der höher temperirten Seite der beweglichen Flügel abprallen sollen, zur Erklärung einer Repulsivkraft dient), ist folglich nicht im Stande, die beschriebenen Versuche zu erklären.

Zweitens. Da die Existenz einer repulsiven Wirkung der Sonnenstrahlen auf die flache Seite einer ebenen Metallfläche durch die obigen negativen Versuche nicht absolut, sondern nur relativ (für die vorhandenen Reibungswiderstände in den gewöhnlichen Radiometern) widerlegt ist, und die elektromagnetische Theorie des Lichtes nach Maxwell's Berechnung nur 0,00001 von derjenigen Kraft liefert, welche Crookes a. a. O. durch directe Beobachtung in einem speciellen Falle ermittelt hat, so folgt hieraus, dass die erwähnten negativen Resultate nicht im Widerspruche mit der elektromagnetischen Theorie der Strahlung stehen. Denn eine hunderttausend Mal schwächere Kraft als die in den Radiometern wirksame, würde wohl überhaupt nicht im Stande sein, die Reibungswiderstände in diesen Apparaten zu überwinden. Wenigstens habe ich bis jetzt im Lichte des Vollmondes,

welches nach meinen photometrischen Messungen nahezu 600,000 Mal schwächer als das Sonnenlicht ist[1]), selbst unter den günstigsten Verhältnissen nicht die geringste Bewegung an den empfindlichsten Radiometern beobachten können.

Zweiter Versuch.

Auf das Goldblättchen des in Figur 1, Tafel I dargestellten Apparates wurden, mit Hülfe einer Linse von 37^{mm} Durchmesser und 100^{mm} Brennweite, concentrirte Sonnenstrahlen geleitet, und zwar so, dass das im Brennpunkte der Linse entstehende Sonnenbildchen sich scharf auf einer bestimmten Stelle des Goldblättchens projicirte. Hierbei machte ich die überraschende Beobachtung, dass das Goldblättchen bald lebhaft abgestossen, bald ebenso stark angezogen wurde. Es ergab sich, dass die Art der beobachteten Wirkung von der Stelle auf der Oberfläche des Goldblättchens abhängig war, auf welcher sich das Sonnenbildchen projicirte. Je nachdem diese Stelle wechselte, trat bald Anziehung, bald Abstossung ein. Da ich mir die betreffenden Stellen leicht merken konnte, war ich im Stande, ganz nach Belieben, bald den einen, bald den entgegengesetzten Effect hervorzurufen.

Eine genauere Untersuchung derjenigen Stellen, welche ganz besonders auffallend die bezeichneten Unterschiede zeigten, liessen mich sehr bald die Bedingungen auffinden, von denen die beabsichtigte Wirkung abhängt. Das Goldblättchen ebensowohl wie das Silberblättchen, welches genau dieselben Erscheinungen zeigte, besitzen keine ebenen Oberflächen, wie ein dickeres Metallblech, sondern sind mit mannigfachen kleinen Falten, Einbiegungen und Krümmungen versehen. Fig. 2, Taf. I mag den verticalen Querschnitt eines solchen Gold- und Silberblättchens mit seinen Unebenheiten im vergrösserten Maassstabe darstellen. Jedesmal nun, wenn das Sonnenbildchen im Brennpunkte der Linse auf eine Stelle fiel, welche ihre Concavität der Bestrahlungsrichtung zuwendet, findet scheinbar eine Anziehung statt, d. h. eine Bewegung des Goldblättchens nach der Lichtquelle zu; fällt jedoch das

[1]) „Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die physische Beschaffenheit der Himmelskörper.“ Leipzig, 1865. S, 105—110.

Sonnenbildchen auf eine Convexität, so findet eine ebenso lebhafte Abstossung statt, d. h. eine Bewegung des Goldblättchens von der Lichtquelle fort.

Dritter Versuch.

Auf Grund dieser Beobachtungen hegte ich die Erwartung, dass sich Radiometer construiren lassen würden, bei welchen die bisher erforderliche qualitative Verschiedenheit der beiden Seiten der Flügel lediglich durch eine formelle Verschiedenheit ersetzt werden könnte. Ich liess demgemäss verschiedene Radiometer aus blankem Aluminiumblech anfertigen, bei denen die bisher üblichen Flügel durch Halbschalen (Fig. 3, Taf. I), Hohlkegel (Fig. 4) und Halbcylinder (Fig. 5) von nicht geschwärztem Aluminium ersetzt sind[1]). Sämmtliche Radiometer, trotzdem sie nur aus zwei Flügeln bestehen, besitzen eine sehr grosse Empfindlichkeit und bewegen sich unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen in einer solchen Richtung, dass die Concavität im Sinne der Bewegung vorausgeht. Das Gleiche findet statt, wenn an Stelle des Aluminiums durchsichtiges Glas angewandt wird. Ein Radiometer mit gläsernen Halbschalen, deren Masse beträchtlich grösser als diejenige von Aluminium war, bewegte sich, wenn auch langsamer, im Sonnenlichte nach der gleichen Richtung.

Theoretische Betrachtungen.

Die in Fig. 3, Taf. I dargestellte Form des Radiometers mit Halbschalen stimmt hinsichtlich seiner Gestalt und Construction vollkommen mit einem Anemometer überein,

---

[1]) Hr. R. Götze in Leipzig (Albert-Str. 22) hat sich mit grosser Geschicklichkeit und Ausdauer der Anfertigung solcher Radiometer unterzogen.

Wie ich nachträglich ersehen habe, sind bereits derartige Radiometer von Hrn. de Fonvielle in einer Note *sur les radiomètres d'intensité (Comptes rendus 7. Août 1876)* und ebenso von Hrn. Crookes in dem mir während des Druckes dieser Arbeit zu Gesicht gekommenen letzten Hefte der *Comptes rendus* vom 27. Dec. 1876 beschrieben worden. Am 24. Dec. 1876 habe ich bei meiner Anwesenheit in Berlin Hrn. Prof. Poggendorff ein aus Halbcylindern von nichtgeschwä rztem Aluminium construirtes Radiometer zur Verfügung gestellt.

wie dasselbe gegenwärtig allgemein auf meteorologischen Observatorien benutzt wird. Ein solches Anemometer rotirt unter dem Einfluss irgend welcher Luftströmungen stets in demselben Sinne und zwar so, dass die convexe Seite vorangeht.

Die Rotation eines Anemometers unter dem Einflusse von Luftströmungen erfolgt also im entgegengesetzten Sinne der Rotation des beschriebenen Radiometers unter dem Einflusse von leuchtenden Strahlen. Ich schliesse hieraus, dass die Ursache der Rotation des Radiometers in diesem Falle nicht durch Strömungen eines im Innern des Gefässes noch vorhandenen Gases gesucht werden kann. Denn eine jede solche Strömung, gleichgültig von welcher Seite sie die halbkugelförmigen Flügel träfe, müsste nach denselben hydrodynamischen Principien wie beim Anemometer eine entgegengesetzte Rotation von der thatsächlich beim Radiometer beobachteten erzeugen.

Es entsteht also die Frage, ob wir in der Natur überhaupt Kräfte kennen, deren Intensität und Wirkung auf eine gekrümmte Metallfläche von der Grösse und Richtung des Krümmungshalbmessers abhängen. Wären statische Kräfte bei einer constanten Vertheilung an der Oberfläche von Körpern im Stande, permanente Bewegungen zu erzeugen, so könnte man an die Vertheilung statischer Elektricität denken, wobei das Potential auf der convexen Seite grösser als auf der concaven sein müsste. Allein ganz abgesehen davon, dass dieser Schluss nur für leitende Körper Gültigkeit besitzt, und die radiometrischen Bewegungen auch bei Anwendung gläserner Halbschalen (Modification des dritten Versuches) stattfinden, ist *a priori* klar, dass statische Kräfte bei constanter Vertheilung zwar ein Directionsmoment, aber niemals permanente Bewegungen mit Ueberwindung von Reibungswiderständen erzeugen, d. h. Arbeit leisten können. Es ist folglich eine constante Vertheilung statisch-elektrischer Kräfte an der Oberfläche bestrahlter Körper principiell als Erklärungsprincip der radiometrischen

Erscheinungen auszuschliessen.[1]). Es können folglich nur lebendige Kräfte sein, welche permanent unter dem Einflusse einer Bestrahlung an der Oberfläche der Körper derartig entwickelt werden, dass hieraus eine constant gerichtete Triebkraft für den bestrahlten Körper resultirt.

Die einfachste Hypothese, welche mir vorläufig dieser Bedingung zu genügen scheint und zugleich gestattet, sich eine construirbare Vorstellung von dem fraglichen Processe zu machen, ist, wie ich glaube, die folgende:

Hypothese.

Die durch Undulationen des Aethers von der Oberfläche eines Körpers direct oder indirect ausgesandten Strahlen sind gleichzeitig von einer Emission materieller Theilchen nach der Richtung der Strahlen begleitet. Die Anzahl, Masse und Geschwindigkeit der in der Zeiteinheit emittirten Theilchen hängt von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Oberfläche und von der Energie und Beschaffenheit der ausgesandten Strahlen ab.

---

[1]) Dieses Princip ist von Muncke im Jahre 1830 zur Erklärung der von Mark Watt und ihm selber beobachteten Erscheinungen benutzt worden. In Pogg. Ann. Bd. 18, S. 239, schreibt Muncke an den Herausgeber der Annalen wörtlich:

„Die räthselhaften Drehungen des Waagebalkens in der Coulomb'schen Drehwaage, die ich Ihnen im Herbste gemeldet habe, sind nichts anderes, als Wirkungen der Thermo-Elektricität, so sehr ich auch geneigt war, gerade diese auszuschliessen, und sind die nämlichen Erscheinungen, welche nach Mark Watt im *Edinburgh Journ. of Science 1828* vom Lichte und nach Pfaff in Schweigg. Journ. LVI. von der Wärme herrühren sollen. Das Glas wird nämlich durch einen Temperaturunterschied von etwa nur 2° C. elektrisch, von 20° C. bis — 15° C. und bei jeder Witterung . . . . "

Wie man sieht, wird auch hier, wie bei der Erklärung durch die mechanische Gastheorie, ein Temperaturunterschied zwischen der direct und indirect bestrahlten Seite als wesentliche Bedingung vorausgesetzt, was nach der zweiten und dritten Modification des ersten der oben beschriebenen Versuche unstatthaft ist. — In neuester Zeit ist die elektrische Theorie wieder von P. Delsaulx *(Les Mondes 31. Août 1876)* vertreten worden.

Folgerungen aus der Hypothese.

Ich werde aus der vorstehenden Hypothese zunächst die bisher beschriebenen Erscheinungen ableiten und alsdann weitere Folgerungen aus derselben entwickeln, welche experimentell geprüft werden können.

In Fig. 7, Taf. I stelle *a p b* den Durchschnitt eines der halbkugelförmigen Flügel des Radiometers Fig. 3 dar. Bezeichnet *p* ein Flächenelement auf der convexen Seite und *A B* die Projection einer Tangentialebene in diesem Element, so werden der Hypothese gemäss Theilchen nach allen Punkten der über *A B* beschriebenen Hemisphäre ausgesandt. Das diesem Element auf der concaven Seite parallel gegenüber liegende Element *p'* sendet gleichfalls Theilchen nach allen Richtungen aus, von denen jedoch nur diejenigen die concave Seite der Halbschale *a p b* ungehindert verlassen können, welche von dem Kugelmantel *Cp D'* mit einem Oeffnungswinkel von 90⁰ umschlossen werden. Die hieraus entspringenden Reactionskräfte lassen sich zu zwei Resultanten *r* und *R* in der den Elementen *p* und *p'* gemeinsamen Normalen *N N* vereinigen. Da die Anzahl der wirksamen elementaren Componenten für das Element *p* auf der convexen Seite eine grössere als für das Elemert *p'* auf der concaven ist, so ist auch die Reactions-Resultante auf das Element *p* (in einem mathematisch leicht bestimmbaren Verhältnisse) grösser als auf das Element *p'*. Diese Betrachtung, auf alle Elemente der concaven und der convexen Fläche ausgedehnt, ergibt bei gleicher Stärke der Emission einen Ueberschuss der Reactionskraft für die convexe Seite.

Wird eine solche gekrümmte Fläche von einer Seite bestrahlt, so muss im Allgemeinen der Emissionsprocess von der bestrahlten Seite stärker als von der beschatteten sein. Dieser Unterschied wird aber um so geringer werden, je dünner und besser leitend das Material jener Fläche ist. Bei durchstrahlbaren Körpern wird gleichfalls die Dicke und Absorptionsfähigkeit derselben für diesen Unterschied maassgebend sein. Bei sehr dünnen Metallblättchen wird daher die Richtung, von welcher das Blättchen bestrahlt wird (ob von

der covexen oder der concaven Seite her), gleichgültig für die Bewegungsrichtung sein. Es muss daher in diesem Falle bei Bestrahlung der convexen Seite eine Abstossung, bei Bestrahlung der concaven Seite eine scheinbare Anziehung nach der Strahlenquelle beobachtet werden. Auf diese Weise erkläre ich mir die im zweiten Versuche beschriebenen Erscheinungen, nämlich die abwechselnde Anziehung und Abstossung eines Gold- und Silberblättchens, je nachdem das im Brennpunkte einer Linse befindliche Sonnenbild auf eine Concavität oder Convexität des Blättchens fällt.

Vierter Versuch.

Um zu zeigen, dass auch die concave Seite, unserer Hypothese gemäss, bei der Bestrahlung zurückgestossen wird, muss aus den soeben angeführten Gründen die Wärmeleitung zwischen der concaven und convexen Seite vermindert werden, was z. B. durch eine grössere Dicke des benutzten Metallbleches und einen weniger gut leitenden Ueberzug desselben von möglichst grossem Emissionsvermögen bewirkt werden kann.

Zu diesem Zwecke wurden die halbcylinderförmig gebogenen Flügel aus Aluminiumblech auf beiden Seiten gleichmässig mit Lampenruss geschwärzt. Wurde nun ein mit solchen Flügeln versehenes Radiometer mit Hülfe eines Schirmes zur Hälfte beschattet, und zwar so, dass in dem einen Falle die Strahlen nur die concave Seite (Fig. 8 *a*, Taf. I), in dem andern Falle nur die convexe Seite (Fig. 8 *b*) trafen, so fand in den beiden Fällen eine kräftige Abstossung und folglich eine entgegengesetzte Rotation statt, wie dies in den Figg. 8 *a* und 8 *b* versinnlicht ist. Die Geschwindigkeit dieser Rotation war aber bei der Bestrahlung der convexen Seiten eine beträchtlich viel schnellere als bei der Bestrahlung der concaven Seiten. Hieraus folgt, dass bei gleichzeitiger Bestrahlung (nach Entfernung des Schirmes) eine Rotation im Sinne der schnelleren Bewegung stattfinden muss, und dass diese in der That stattfindende Bewegung, der aufgestellten Hypothese entsprechend, aus der Differenz zweier ungleichen, in entgegengesetzter Richtung wirkenden Reactionskräfte resultirt.

Es folgt aus diesen Thatsachen ferner, dass die Rotation eines Radiometers eine um so schnellere sein muss, je mehr der Emissionsprocess auf der einen Seite verstärkt, auf der anderen vermindert wird. Werden daher in einem beschriebenen Radiometer nur die convexen Seiten geschwärzt[1]) und die concaven durch dünne Glimmerblättchen geschützt, welche, aus später anzuführenden Gründen, in Form eines ebenen oder besser noch eines gleichfalls cylindrisch gebogenen Schirmes der concaven Seite gegenüber befestigt werden, so erhält man, wie der Versuch lehrt, Radiometer von ungegemein grosser Empfindlichkeit. (Vgl. S. 27.)

Weitere Folgerungen aus der Hypothese und ihre Prüfung durch Versuche.

Wenn die durch die Undulationen von Licht- und Wärmestrahlen erzeugte materielle Emission von Theilchen in der Natur wirklich stattfindet, so muss auch eine ruhende, horizontale Körperoberfläche unter denselben Bedingungen Theilchen aussenden, wie z. B. die blanken oder geschwärzten Flächen von Aluminium in den Radiometern. Es muss daher auch möglich sein, die bewegende Kraft dieser Emission nicht nur durch Reactions-Wirkungen, wie in den bisher beschriebenen Radiometern, sondern auch direct durch den Stoss der ausgesandten Theilchen nachzuweisen. Diese Folgerung wird durch den folgenden Versuch bestätigt.

Fünfter Versuch.

Fig. 9, Taf. I stellt ein Radiometer dar, dessen Flügel aus durchsichtigen, nicht geschwärzten, ebenen Glimmerblättchen bestehen. Dieselben sind gegen den Horizont unter einem Winkel von etwa 35° geneigt, so dass Theilchen, welche vorwiegend auf die obere oder untere Seite dieser Flügel treffen, das bewegliche Kreuz wie eine Windmühle nach der einen oder anderen Richtung in Rotation versetzen müssen.

---

[1]) Auch die Construction dieser Radiometer hat Hr. Crookes in seiner oben citirten Note in den *Comptes rendus* vom 27. Dec. 1876 bereits mitgetheilt.

Das so eben beschriebene Kreuz zeigt für sich allein, in derselben Weise wie die Radiometer-Kreuze in einem Glasgefässe eingeschlossen, selbst im hellsten Sonnenscheine keine rotirende Bewegung. Wird jedoch möglichst nahe unterhalb desselben eine Scheibe von blankem Aluminiumblech angebracht, so rotirt das Kreuz selbst bei dicht bedecktem Himmel fast ebenso schnell wie die empfindlichsten der bisher von mir beobachteten Radiometer. Der Sinn der Rotation entspricht einer Emission von der Metallfläche aus.

Soweit mir bekannt, sind Radiometer dieser Art bisher noch nicht construirt worden. Vom Standpunkte der aufgestellten Hypothese unterscheiden sich dieselben von den bisherigen principiell dadurch, dass bei ihnen nicht die Triebkraft durch die Reaction der emittirten Theilchen, sondern durch die Uebertragung der lebendigen Kraft der ausgesandten Theilchen auf die Flügel vermittelst des Stosses erzeugt wird.

Umkehrung des fünften Versuches.

Es ist mir gelungen, den soeben beschriebenen Versuch auch umzukehren, indem ein Radiometerkreuz aus nicht geschwärzten Aluminiumflügeln unter einer beweglichen Glimmerscheibe befestigt wurde. Die Glimmerscheibe geräth in sehr schnelle Rotation und zwar nach entgegengesetzten Richtungen, je nachdem die Emission von dem Aluminium oder von dem Glase der Gefässwandungen (durch Erwärmung) das Uebergewicht erlangt. Das mir während des Druckes der vorliegenden Arbeit zu Gesicht gekommene Heft der *Comptes rendus (T. 83, p. 958)* enthält die Beschreibung eines ähnlichen Versuchs von Hrn. Salet. (Vgl. Versuch 7.)

Die von Hrn. Crookes in den *Philos. Transact. 1875, P. II, p. 546* gegen die Emissionshypothesen von Osborne Reynolds *(Chemical News July 17, 1874)* und Govi *(Compt. rend. Juillet 3, 1876)* angeführten Experimente beziehen sich nur auf die hypothetischen Ursachen jener Emissionstheorien, nämlich auf die an der Oberfläche der Körper condensirten Gase und Dämpfe. Die von mir oben S. 20 formulirte Hypothese lässt aber jene Ursachen der Emission vorläufig noch ganz unbestimmt, und beansprucht zunächst

nichts weiter als den Charakter eines einfachen Erklärungsprincips für ein gewisses Gebiet von Erscheinungen, ähnlich wie dies mit der Hypothese der magnetischen Fluida für ein anderes Gebiet von Erscheinungen der Fall gewesen ist.

Experimentelle Prüfung weiterer Folgerungen aus der Hypothese.

Es wurden bisher im Allgemeinen nur diejenigen Wirkungen betrachtet, welche aus einer Emission von der Oberfläche der beweglichen Flügel resultiren. Der zuletzt beschriebene Versuch bildet den Uebergang zur Untersuchung derjenigen Wirkungen, welche sich aus einer Emission materieller Theilchen von der inneren Oberfläche der Gefässwandungen ergeben. Unserer Hypothese gemäss müssen auch hier von jedem Flächenelemente, insofern es Strahlen aussendet, materielle Theilchen emittirt werden.

Es mögen p und p' (Fig. 10, Taf. I) zwei Flächenelemente der inneren Wandung eines Radiometers darstellen, welches nach Art der Anemometer mit halbkugelförmigen Flügeln construirt ist. Wie die Zeichnung lehrt, müssen die von den Elementen p und p' ausgesandten Theilchen sich den Flügeln des Radiometers gegenüber wie Luftströme den Flügeln eines Anemometers gegenüber verhalten. Es muss folglich das Radiometer mit Halbschalen unter dem Einflusse der von den Gefässwandungen emittirten Theilchen in demselben Sinne wie ein Anemometer unter dem Einflusse von Luftströmungen rotiren, d. h. entgegengesetzt wie unter dem Einflusse von leuchtenden Strahlen, welche weniger als dunkle von den Glaswandungen absorbirt werden.

Das Radiometer muss demgemäss unter dem Einfluss von dunklen Wärmestrahlen, oder wenn die Temperatur des Gefässes auf anderem Wege, z. B. durch Versetzung des Instrumentes aus einem kalten in einen warmen Raum bewirkt wird, entgegengesetzt wie im Lichte rotiren.

Werden dagegen die Gefässwände abgekühlt und gewinnt hierdurch der Emissionsprocess von der höher temperirten Oberfläche der beweglichen Flügel das Uebergewicht, so muss eine Rotation in demselben Sinne stattfinden, wie bei der Bestrahlung durch Tageslicht.

Sechster Versuch.

Die hier aus der Emissionshypothese abgeleiteten Folgerungen werden sämmtlich durch den Versuch bestätigt. Man kann aber auch die Existenz einer Emission von Theilchen von den Gefässwänden durch das in Fig. 9, Taf. I abgebildete Radiometer nachweisen. Es ist hierzu nur erforderlich, dasselbe durch Berührung mit der Handfläche von oben her zu erwärmen, um die Rotation bei der Bestrahlung durch Licht sofort in die entgegengesetzte zu verwandeln. Gleichzeitig entspricht die Emissionshypothese der von Hrn. Dr. Arthur Schuster in Cambridge ausgesprochenen Forderung, „dass die auf die Mühle wirkenden Kräfte innere Kräfte sein müssen, d. h. solche, die zwischen der Mühle und der Hülle wirken" . . . .[1])

Ein ähnlicher Gegensatz bezüglich der Rotationsrichtung, je nach der Einwirkung leuchtender Sonnenstrahlen oder dunkler Wärmestrahlen, kann auch ohne Vermittelung der Emissionsprocesse der Gefässwand bewirkt werden.

Wenn die Flügel des Radiometers eben sind und aus nicht geschwärztem Aluminiumblech bestehen, welches einseitig mit dünnen Glimmerblättchen belegt ist, so absorbirt das Glimmerblättchen von den dunklen Wärmestrahlen mehr als die blanke Oberfläche des Aluminiums. Die Emission von Theilchen kann folglich in diesem Falle von der mit Glimmer belegten Seite eine grössere als von der unbelegten Aluminiumfläche sein.

Das Radiometer wird demgemäss in diesem Falle bei Einwirkung dunkler Wärmestrahlen die entgegengesetzte Rotationsrichtung von derjenigen bei der Bestrahlung durch leuchtende Strahlen annehmen, wie dies bereits von den Gebrüdern Alvergniat[2]) beobachtet worden ist.

Der oben als dritte Modification des ersten Versuches von mir beschriebene Apparat, bei welchem nur ein beweglicher Flügel aus blankem Aluminiumblech zur Anwendung

[1]) Vgl. Pogg. Ann. 1876, Heft 9 und Heft 12, S. 652.

[2]) *Comptes rendus 1876, No. 4. (24. Juillet), p. 273.*

kommt, der nur auf einer Seite mit einem sehr dünnen Glimmerscheibchen mit Hülfe von Wasserglas beklebt ist, geräth schon bei diffusem Tageslicht in sehr lebhafte Rotation. Dieselbe geht in die entgegengesetzte Richtung bei Anwendung von dunklen Wärmestrahlen über, und zwar ganz übereinstimmend mit der oben gegebenen Erklärung.

Will man bei einem Radiometer den Einfluss der Emissionsprocesse der Wandung eliminiren oder doch möglichst gegenüber den Emissionsprocessen von der Oberfläche der beweglichen Flügel zurücktreten lassen, so müssen die Krümmungsverhältnisse der letzteren nach allen Seiten möglichst dieselben und trotzdem ein Unterschied der Emission zwischen der convexen und concaven Seite hergestellt sein. Diesen Forderungen wird annähernd durch diejenige Construction der Flügel genügt, welche oben (S. 23) bei der Beschreibung des vierten Versuches angegeben wurde.

Zweite Abhandlung.

Zwischen einem emittirenden Flächenelemente im Innern eines Radiometers und einem anderen Elemente, welches die emittirten Theilchen empfängt, findet ein Reciprocitätsverhältniss bezüglich der übertragenen und verlorenen Bewegungsgrösse statt. Da nach der aufgestellten Hypothese alle radiometrischen Bewegungen unter dem Einflusse dieser beiden Processe zu Stande kommen, gleichgültig, welche besondere Form und Anordnung den Apparaten gegeben wird, und in jedem Radiometer ein Theil der Elemente fest, der andere beweglich ist, so muss die Bewegungsrichtung, welche bei einer Vertauschung der Beweglichkeit dieser beiden Classen von Theilen eintritt, stets die entgegengesetzte von derjenigen sein, welche vor der Vertauschung stattgefunden hat.

Wäre man z. B. im Stande, die Glashülle eines gewöhnlichen Radiometers ebenso leicht beweglich zu machen (z. B. durch Aufhängung an einem torsionslosen Coconfaden), wie das Kreuz mit seinen Flügeln, und würden die letzteren z. B. durch magnetische Kraft in einer unveränderlichen Lage fixirt, so würde die Glashülle permanent nach der entgegengesetzten

Richtung von derjenigen rotiren, nach welcher vorher die beweglichen Flügel rotirten. Einfacher lässt sich diese Vertauschung der festen und beweglichen Theile bei dem zur Umkehrung des fünften Versuches beschriebenen Apparate (S. 23) bewerkstelligen.

Siebenter Versuch.

An der Stelle der festen Aluminiumscheibe (Fig. 9, Taf. I) wurde eine bewegliche Glimmerscheibe in derselben Weise auf einer Stahlspitze mit Hülfe eines Glashütchens balancirt, wie vorher das bewegliche Kreuz. Das letztere wurde mit seinen schräg gestellten, aus nicht geschwärztem Aluminium bestehenden, Flügeln unterhalb der Glimmerscheibe an dem Träger der Stahlspitze befestigt. Bei der Bestrahlung durch Licht geräth die Glimmerscheibe in ausserordentlich schnelle Rotation, schneller als ich sie bisher an einem anderen Radiometer beobachtete. Die Richtung der Rotation war, wie erwartet, entgegengesetzt derjenigen, nach welcher die Aluminiumflügel unter dem Einflusse einer Emission von der Glimmerscheibe rotirt hätten, wenn die letztere befestigt, das Kreuz beweglich gewesen wäre.[1])

Erwärmt man durch Umfassen mit der Hand denjenigen Theil des Gefässes, welcher oberhalb der Ebene der Glimmerscheibe liegt, so bleibt die letztere in Ruhe; die durch den Emissionsprocess von den Wandungen erzeugten Componenten heben sich vollständig auf. Erwärmt man dagegen den unterhalb der Glimmerscheibe liegenden Theil des Gefässes, in welchem sich das feste Aluminiumkreuz befindet, so entsteht eine ausserordentlich schnelle Rotation im entgegengesetzten Sinne von der vorher beschriebenen.

Es erklärt sich der Sinn dieser Rotation leicht aus den oben angeführten allgemeinen Gesichtspunkten. Die Flügel bilden hier Schirme gegen die senkrecht zu ihrer Oberfläche von den Wandungen emittirten Theilchen und schwächen daher vermöge ihrer schrägen Stellung diejenigen Componenten,

[1]) Einen ähnlichen Versuch hat Hr. Salet (*Comptes rendus 20. Nov. 1876*) beschrieben. Er betrachtet denselben als eine unerwartete Bestätigung der mechanischen Gastheorie („*la théorie moderne des gaz reçoit une confirmation inattendue*“).

welche senkrecht zur Oberfläche der Flügel stehen. Hierdurch wird das Gleichgewicht, welches bei Abwesenheit der Aluminiumflügel (wenn die obere Seite des Gefässes erwärmt wird) eintritt, in einem der Rotationsrichtung entsprechenden Sinne gestört.

Achter Versuch.

Unter dem beweglichen Kreuz mit ungeschwärzten Glimmerblättchen, welche, wie in Fig. 9, Taf. I dargestellt ist, gegen den Horizont geneigt sind, wurde an Stelle der festen Aluminiumscheibe ein Ring aus Platindraht von circa 0,3^{mm} Dicke befestigt, so dass seine Ebene horizontal lag. Die Enden desselben waren am unteren Theile des Gefässes eingeschmolzen und traten heraus, um einen elektrischen Strom hindurchleiten zu können. Das Gefäss des so eingerichteten Radiometers wurde mit der Quecksilber-Luftpumpe in Verbindung gesetzt und gleichzeitig der galvanische Strom eines kleinen Zink-Kohlenelementes durch den Platindraht geleitet, wodurch seine Temperatur bei dem ziemlich grossen Widerstande des Stromkreises im Maximum auf etwa 10,6^0 C. stieg. Ein in passender Weise eingeschaltetes, sehr empfindliches Thermometer gestattete diese Schätzung. Der Druck hatte im Innern des Gefässes etwa 10^{mm} erreicht, als der Strom geschlossen wurde. Das Radiometerkreuz begann sofort langsam zu rotiren, aber zu meiner grössten Ueberraschung nach der entgegengesetzten Richtung von derjenigen, welche man durch aufsteigende Luftströme von dem erwärmten Platindraht hätte erwarten sollen. Die Geschwindigkeit dieser anomalen Rotation steigerte sich mit fortgesetzter Verdünnung; die Richtung, in welcher der galvanische Strom den Platindraht durchfloss, hatte keinen merklichen Einfluss auf die Schnelligkeit der Rotation, wie durch einen mehrmaligen Stromwechsel erkannt wurde. Die Verdünnung wurde nun weiter fortgesetzt und hatte längst einen so hohen Grad erreicht, dass der Druck direct nicht mehr manometrisch bestimmt werden konnte. Nach einer oberflächlichen Schätzung (aus der Grösse einer noch vorhandenen kleinen Luftblase bei normalem Druck) musste die Dichtigkeit der im Vacuum enthaltenen perma-

nenten Gase weniger als $\frac{1}{20}$ Millimeter betragen. Die Rotation fand auch jetzt noch in anomaler Richtung statt, obschon, wie es schien, etwas langsamer. Als nun noch ein weiterer Pumpenzug gethan wurde, hatte sich plötzlich die Rotationsrichtung umgekehrt und in eine normale verwandelt, d. h. in eine solche, welche man durch aufsteigende Luftströme oder durch Emissionsprocesse von der Oberfläche des Drahtes hätte erklären können. Hierbei war jedoch die Geschwindigkeit dieser normalen Rotation eine so grosse, dass man nicht mehr im Stande war, die einzelnen Theile des rotirenden Kreuzes zu unterscheiden. Die Evacuation wurde nun noch weiter fortgesetzt, so dass das Quecksilber der Pumpe nahe ebenso hart gegen die Wandungen der Röhren schlug, wie bei einem guten Barometer. Die Geschwindigkeit schien sich hierdurch noch zu steigern.

Das von der Pumpe abgeschmolzene Gefäss zeigte die normale Rotation noch mehrere Tage lang, obschon mit stetig abnehmender Stärke. Als ich nach etwa 8 Tagen den Strom wieder schloss, um die Bewegung einem Freunde zu zeigen, trat bereits wieder die anomale Rotation in lebhafter Weise auf. Offenbar hatte sich die Dampfspannung im Innern des Gefässes allmälig wieder vergrössert oder es mochten auch geringe Luftmengen durch die Eintrittsstellen der Platindrähte, von denen der eine abgebrochen war, in das Gefäss gelangt sein. Denn als das Instrument wieder mit der Pumpe in Verbindung gesetzt und hinreichend evacuirt war, stellte sich ganz in der beschriebenen Weise und ebenso plötzlich wieder die normale Rotation ein.

Ich glaube, dass der hier mitgetheile Versuch das bequemste und empfindlichste Mittel gewährt, sich experimentell von den kleinsten Aenderungen in der Dichtigkeit und Zusammensetzung eines sogenannten Vacuums zu überzeugen.

Die HH. Kundt und Warburg sind durch Beobachtung der Abkühlungszeiten eines Thermometers zu ähnlichen Resultaten über die Veränderlichkeit solcher Vacua gelangt und bemerken hierbei:

„Die Abkühlungsgeschwindigkeit eines Thermometers, welche mit grosser Schärfe gemessen werden kann, erweist sich somit als ein äusserst

feines Reagens auf die Güte eines Vacuums, und wir zweifeln, ob ein feineres gefunden werden kann."[1])

Der oben beschriebene Versuch scheint mir aber auch, abgesehen von dem zuletzt erwähnten Umstande, für die Theorie der radiometrischen Bewegungen von grosser Wichtigkeit zu sein, indem derselbe zeigt, dass selbst bei den geringsten Druckgrössen, welche manometrisch gar nicht mehr nachweisbar sind, secundäre Processe von solcher Beschaffenheit auftreten können, dass sie den nach irgend einer Theorie erwarteten Effect in sein Gegentheil zu verwandeln im Stande sind. Im vorliegenden Falle könnte man z. B. die anomale Rotation durch eine Resorption von Gasen an der Oberfläche des galvanisch erregten Platindrahtes erklären. Es ist bekannt, dass Platin ähnlich wie Palladium diese Eigenschaft in hervorragendem Maasse besonders dem Wasserstoff gegenüber besitzt. Befinden sich daher in dem evacuirten Raume, wie allgemein angenommen wird, noch Spuren von Wasserdampf und daher, den Gesetzen der Dissociation gemäss, auch noch Spuren von Wasserstoff, so könnte dieser Umstand wenigstens qualitativ zur Erklärung der anomalen Rotation benutzt werden. Die Versuche mit Anwendung anderer Metalle, welche ich gegenwärtig anstelle, werden hierüber weitere Aufschlüsse liefern. (Vgl. S. 45.)

Kritik der radiometrischen Theorien.

Es sind im Wesentlichen zwei Theorien, welche gegenwärtig vorzugsweise den Erklärungen der radiometrischen Bewegungen zum Ausgangspunkte dienen, nämlich die mechanische oder kinetische Gastheorie und die Emissions- oder Evaporationstheorie.

Die mechanische Gastheorie.

Diese Theorie ist zuerst, wie ich glaube, von Tait und Dewar zur Erklärung der radiometrischen Erscheinungen benutzt worden. Diese Physiker bemerken nämlich hierüber Folgendes:[2])

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 156, S. 263.

[2]) *Nature. 1875, July 15. Charcoal Vacua by Professors Tait and Dewar. Paper read by Prof. Dewar before the R. S. of Edinburgh on Monday July 12. (1875):*

„Um die Wirkung zu verstehen, welche eintritt, sobald die Entleerung vollkommener wird, müssen wir berücksichtigen, wie viel Gas in dem Gefässe ist. Die Capacität des Gefässes beträgt ungefähr ein Liter oder 1000 Cubikcentimeter. Da wir aber wissen, dass die Entleerung bis auf $\frac{1}{4000000}$ seiner ursprünglichen Dichtigkeit reducirt ist, so würde das Volumen des noch rückständigen Gases bei gewöhnlichem Barometerdruck dasjenige einer kleinen Blase von $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmesser sein.

Sir W. Thomson, Clerk Maxwell und Clausius haben gezeigt, dass in einem Gase bei gewöhnlichem Druck die mittlere oder durchschnittliche Weglänge zwischen zwei Collisionen ungefähr $\frac{1}{10000}$ Millimeter beträgt.“

„Wenn der Druck auf $\frac{1}{4000000}$ reducirt ist, so wird die mittlere Weglänge 400 Millimeter oder ungefähr anderthalb Fuss sein. Was nun stattfindet, ist Folgendes. Die Gastheilchen fliegen ungefähr nach allen Richtungen mit einer Geschwindigkeit, welche von der Temperatur abhängt. Sobald sie an die erhitzte Scheibe prallen, vermehrt sich ihre Geschwindigkeit, sie gehen mit einer grösseren Geschwindigkeit fort als diejenigen, welche von der kälteren Seite abprallen und hieraus entspringt ein Zurückweichen der Scheibe. Wenn das Gas ganz dicht ist, so legen die Theilchen einen sehr kurzen Weg zurück, bis sie sich einander begegnen und zurückprallen und so erlangt die Geschwindigkeit eine gewöhnliche Geschwindigkeit, bevor irgend eine sichtbare Wirkung stattfindet (?). Wenn

---

„To understand the action that takes place when the exhaustion is more perfect, we must consider how much gas there is in the vessel. The capacity of the vessel is about a litre or 1000 cubic centimetres. But since we know that the exhaustion has reduced the density to $\frac{1}{4000000}$ of its original, the volume occupied by the residual gas at ordinary pressures would be that of a little bubble $\frac{1}{100}$ of an inch in diameter.

Sir W. m. Thomson, Clerk Maxwell and Clausius have shown that in a gas, at ordinary pressure, the mean or average path between two collisions is about $\frac{1}{10000}$ of a millimeter.“

„When the pressure is reduced to $\frac{1}{4000000}$ the mean will be 400 millimetres, or about a foot and a half. What takes place is this. The particles of the gas are flying about in all directions, with a velocity which depends on the temperature. When they impinge on the heated disc their velocity is increased, they go off with a greater velocity than those which go off from the colder side, and hence there is a recoil of the disc. When the gas is at all dense the particles get a very short way before they are met by another and sent back, and so the velocity gets a common velocity before any visible action takes place. When the gas is rare the particles may get a long way before they meet others, and so the action becomes perceptible.

In case of cooling they go away with diminished velocity and a negative recoil.“

das Gas dünn ist, können die Theilchen einen langen Weg zurücklegen, bevor sie andern begegnen, und die Wirkung wird wahrnehmbar.

Im Falle der Abkühlung gehen sie mit verminderter Geschwindigkeit fort und das Zurückweichen wird negativ."

Dieselbe Theorie ist später von Prof. Finkener noch eingehender zur Erklärung der radiometrischen Bewegungen benutzt worden.[1]) Die wesentliche Voraussetzung der ganzen Theorie wird hier bestimmter in folgenden Sätzen ausgesprochen:

„Die strahlende Wärme wirkt nicht direct abstossend auf die berussten Flügel, so dass dadurch die Drehung zu Stande käme; sie bedarf eines Gases zum Uebertragen der Wirkung.

Um zu einer Vorstellung der Wirkung zu gelangen, denken wir uns das Gas constituirt nach der neueren Gastheorie und sehen zunächst von der Einwirkung der Schwere ab. Wir verdünnen das Gas so weit bis der Weg, den ein Molecül zwischen zwei Zusammenstössen mit andern Molecülen durchschnittlich zurücklegt, sehr gross ist im Verhältniss zu den Dimensionen der Kugel des Radiometers. Jede Flächeneinheit der Oberfläche oder der Flügel wird in diesem Falle gleich oft von Molecülen getroffen."

Ausser dieser hier bestimmt ausgesprochenen Voraussetzung muss aber jene Theorie stillschweigend offenbar noch die folgenden beiden Annahmen machen, nämlich erstens, dass im Innern des Radiometers nicht sonst noch ein Gas oder ein Dampf vorhanden sei, dessen Molecüle eine grössere Masse und zugleich eine kleinere mittlere Weglänge besitzen. Denn wäre dies der Fall, so ist kein Grund vorhanden, weshalb willkürlich die Wirkungen auf das Radiometer nur von dem einen Gase abhängig gemacht werden sollen. Wäre dieses zweite Gas obenein noch ein condensirbarer Dampf im Maximum seiner Spannkraft, so würde offenbar der Evaporationstheorie so lange der Vorzug vor der kinetischen Gastheorie eingeräumt werden müssen, bis nicht bestimmte, auf Thatsachen gestützte, Gründe angeführt werden können, aus denen die verschwindende Wirkung der Evaporation gegenüber dem sogenannten Anprall der Molecüle des permanenten Gases mit Nothwendigkeit hervorgeht.

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. 158, S. 572. (1876. Nr. 8.)

Zweitens muss stillschweigend vorausgesetzt werden, dass das Material, aus dem die Theile der Radiometer nebst ihren Umhüllungen angefertigt werden, unter gewöhnlichen Temperaturverhältnissen entweder gar nicht oder nur in so geringem Maasse verdampfen kann, dass die hieraus resultirenden Wirkungen vollkommen verschwindend gegenüber den oben erwähnten Impulsen der bewegten Gasmolecüle angesehen werden können.

Es soll jetzt die Berechtigung der hier angedeuteten Voraussetzungen etwas näher geprüft werden.

Wie oben mitgetheilt, nehmen Prof. Tait und Dewar die Dichtigkeit des in ihrem Vacuum noch vorhandenen Gases zu $\frac{1}{4000000}$ der normalen Dichtigkeit an. In Quecksilberhöhe ausgedrückt würde dies einem Drucke von $\frac{760^{\text{mm}}}{4000000} = 0{,}00019^{\text{mm}}$ entsprechen. Prof. Finkener gibt in der Regel in seinen Tabellen als niedrigsten Druck den Werth $0{,}025^{\text{mm}}$ an und bemerkt hierbei S. 573 a. a. O.:

„Der bei jeder Beobachtung angegebene Druck ist aus einem am Manometer abgelesenen grösseren Druck berechnet unter der Voraussetzung, dass bei angemessenem Warten nach jedem Pumpenzug der Druck in geometrischer Reihe abnehme."

Es wird also in beiden Fällen der Druck des im Vacuum noch enthaltenen Gases nicht beobachtet, sondern berechnet. Da der von Finkener angegebene Druck von $0{,}025^{\text{mm}}$ ungefähr 132 Mal grösser als der oben von Dewar und Tait angegebene Werth ist, so würde nach der mechanischen Gastheorie die mittlere Weglänge der Molecüle in dem Finkener'schen Vacuum nicht 400^{mm} wie in dem Dewar-Tait'schen Vacuum betragen, sondern nur $\frac{400}{132} = 3$ Millimeter.

Hr. Finkener setzt selber die mittelere Weglänge der Luftmolecüle bei normaler Dichtigkeit gleich $\frac{1}{11000}$ Millimeter und gibt an (S. 387 a. a. O.), dass das Maximum der radiometrischen Rotation bei einer 110000 fachen Verdünnung für einen Druck von $0{,}007^{\text{mm}}$ eintrete. Auch in diesem Falle würde aber die mittlere Weglänge nicht mehr als 10^{mm} betragen können.

Hr. Crookes gibt an, dass in den gewöhnlichen Radiometern der Druck in der Regel 0,19^{mm} beträgt.[1] Bei diesem Druck, der ungefähr 27 Mal grösser als der zuletzt angeführte (0,007^{mm}) ist, betrüge die mittlere Weglänge der Molecüle nur $\frac{10^{mm}}{27} = 0{,}37^{mm}$.

Nimmt man nun den Durchmesser der kugelförmigen Gefässe der gewöhnlichen Radiometer zu 50 bis 80 Millimeter an — (ich selbst besitze ein sehr schnell rotirendes Radiometer mit einer Kugel von mehr als 100^{mm} Durchmesser) — so würde die mittlere Weglänge der darin enthaltenen Luftmelocüle etwa 125 bis 200 Mal kleiner als die Dimensionen des Gefässes sein. Es steht daher dieses Resultat in directem Widerspruche mit den Voraussetzungen über das Verhältniss der Dimensionen des Gefässes zu der mittleren Weglänge des darin enthaltenen Gases, von welchen die auf der kinetischen Gastheorie basirte Erklärung der radiometrischen Erscheinungen ausgegangen ist. Denn wie gezeigt, ist die Behauptung unrichtig, dass das Gas „soweit verdünnt ist, dass der Weg, den ein Molecül zwischen zwei Zusammenstössen mit andern Molecülen durchschnittlich zurücklegt, sehr gross ist im Verhältniss zu den Dimensionen der Kugel des Radiometers".

Es findet vielmehr gerade das umgekehrte Verhältniss satt, die Dimensionen der Kugel sind sehr gross im Verhältniss zur mittleren Weglänge des eingeschlossenen Gases.

Hr. Crookes gibt a. a. O. ferner an, dass das Maximum des radiometrischen Effectes für Luft bei einem Druck von $\frac{40}{1000000}$ einer Atmosphäre eintritt, entsprechend einem Drucke von 0,03^{mm} und einer mittleren Weglänge von 2,5^{mm}. Wurde aber der Druck noch weiter erniedrigt, bis auf $\frac{1}{10000000}$ einer Atmosphäre entsprechend 0,000076 Quecksilberdruck, so sank

[1]) *Comptes rendus 11. Déc. 1876. „Quand le vide est fait sur de l'air, la dépression que l'on obtient pratiquement dans les récipients des radiomètres est généralement 250 millionièmes d'une atmosphère ou 0,19 millim. de hauteur mercurielle dans le manomètre."*

der radiometrische Effect der Strahlung sehr schnell bis auf $\frac{1}{10}$ seines Maximalwerthes.[1]) Hieraus folgt, dass selbst dann, wenn die mittlere Weglänge der Luftmelocüle bei abnehmendem Drucke wächst und sich hierbei denjenigen räumlichen Verhältnissen nähert, welche die mechanische Gastheorie ihrer Erklärung zu Grunde legt, die hierdurch zu erklärende Erscheinung bereits nahezu verschwunden ist.

Es soll nun untersucht werden, ob in den oben betrachteten Vacuis noch condensirbare Gase in einer solchen Menge enthalten sind, dass sie den theoretisch berechneten Gasmengen gegenüber als prävalirend angesehen werden müssen.

Da alle Vacua mit Hülfe der Quecksilberluftpumpe hergestellt sind, müssen nothwendig Quecksilberdämpfe in jedem Radiometer enthalten sein. Diese Dämpfe lassen sich durch die bisher angewandten Methoden nicht beseitigen und es fragt sich daher, welche Druckgrösse dieselben im Vergleich zu den oben berechneten Druckwerthen der permanenten Gase darstellen.

Ich erlaube mir zu diesem Zwecke hier einfach die Dampfspannungen anzuführen, welche Regnault in seiner umfangreichen Arbeit[2]) über die Spannkräfte des Quecksilberdampfes bei gewöhnlichen Temperaturen mitgetheilt hat.

Spannkräfte des Quecksilberdampfes nach Regnault.

Temperatur	Spannung
0° C.	0,0200 Millim.
10	0,0268
20	0,0372
30	0,0530

Nimmt man daher die gewöhnliche Zimmertemparatur, bei welcher die Herstellung der radiometrischen Vacua ge-

---

[1]) *Comptes rendus 11. Déc. 1876.* „ . . . *la répulsion exercée sur les faces noires de l'appareil varie. Elle augmente d'abord très lentement jusqu'à ce que la pression atteigne environ 70 millionièmes d'une atmosphère, et elle atteint un maximum à la pression de 40 millionièmes d'une atmosphère, puis elle tombe rapidement jusqu'à dixième millionième d'une atmosphère, point où elle n'atteint plus que le dixième de son maximum.*“

[2]) *Comptes rendus Vol. L, p. 1063.* — Auszug in Pogg. Ann. Bd. 111, S. 411. (1860.)

schieht, durchschnittlich zu 20° C. an, so würde nothwendig in einem solchen Vacuum Quecksilberdampf von 0,0372^{mm} Spannung enthalten sein, der sich durch keine noch so lange fortgesetzte Evacuirung entfernen liesse. Selbst wenn das Gefäss eines aus schwer schmelzbarem Glase angefertigten Radiometers bis zum Glühen auf eine Temperatur von 1000° C. erhitzt werden könnte, so würde das Quecksilbergas, als nahezu vollkommenes Gas betrachtet,[1]) bei constantem Drucke im umgekehrten Verhältniss seiner absoluten Temperatur die Dichte vermindern, d. h. im Verhältniss von

$$(1000 + 273) : (20 + 273) = 4{,}3.$$

Es würde daher selbst durch einen solchen Process der Druck des Quecksilberdampfes, nachdem das Radiometer während der Glühhitze geschlossen und sich wieder auf 20° abgekühlt hätte, nicht weiter als bis auf 0,00087^{mm} erniedrigt werden können.[2])

Diese Spannung des durch keine der bisherigen Methoden zu beseitigenden Quecksilberdampfes ist daher immer noch 46 Mal grösser als derjenige Druck, welchen Dewar und Tait theoretisch für ihr Vacuum voraussetzen. Unter der oben gemachten Annahme über die Annäherung des so verdünnten Quecksilberdampfes an den Zustand eines permanenten Gases, würden bei gleichem Druck und gleicher

---

[1]) Dass unvollkommene Gase oder Dämpfe sich durch starke Verdünnung auch bei verhältnissmässig niedrigen Temperaturen dem Zustande der permanenten Gase nähern, hat in neuerer Zeit A. W. Hofmann durch seine in dem Vacuum des Barometers bei geringem Druck gemachten Dampfdichtebestimmungen gezeigt. — Berichte d. deutschen Chem. Gesellschaft 1868. No. 15, S. 198. — Naumann, Thermochemie S. 47.

[2]) Hr. Crookes hat solche Experimente wirklich ausgeführt. *(Phil. Trans. 1875. II, p. 547.)* Das Gefäss des Radiometers bestand aus dickem und schwer schmelzbarem Glase, welches zu wiederholten Malen während einer zwei Tage lang fortgesetzten Evacuation bis zur hellen Rothgluth erhitzt wurde. („*During this time the bulb and its contents were several times raised to a dull red heat.*“) Hr. Crookes hält es für unwahrscheinlich, dass bei diesen Versuchen noch eine hinreichende Menge von condensirbarem Gase im Innern des Radiometers vorhanden sei. *(„It is impossible to conceive that in this experiment sufficient condensable gas or vapour was present to produce the effects Professor Osborne Reynolds ascribes to it.“)*

Temperatur zufolge des Avogadro'schen Gesetzes dieselbe Anzahl von Luft- und Quecksilbermolecülen in jenem Vacuum sein. Befände sich statt atmosphärischer Luft reiner Stickstoff in jenem Vacuum, so wäre die Masse eines Quecksilbermolecüles ungefähr 7 Mal grösser als diejenige eines Stickstoffmolecüles. Die mittlere Weglänge der Quecksilbermolecüle würde bei einer Dampfspannung von $0{,}0087^{mm}$ nicht grösser als 8,7 Millimeter sein.

Das Resultat der vorstehenden Betrachtungen lässt sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Die auf den Principien der mechanischen Gastheorie basirte Erklärung der radiometrischen Bewegungen macht Annahmen über das Verhältniss der mittleren Weglängen der Gasmolecüle zu den Dimensionen der Gefässe, welche in Wirklichkeit nicht stattfinden.

Diese Erklärung lässt ferner, ohne Angabe eines zureichenden Grundes, die gleichzeitige Existenz von Quecksilberdämpfen unberücksichtigt, deren Molecüle eine mehr als 7 Mal grössere Masse und eine viel kleinere mittlere Weglänge als die Molecüle des nach der mechanischen Gastheorie wirksamen Gases besitzen.

Folglich ist man nicht berechtigt, in den von Hrn. Crookes entdeckten radiometrischen Bewegungserscheinungen eine empirische Bestätigung der mechanischen Gastheorie zu erblicken.

Die Evaporations-Theorie.

Unter Evaporation oder Verdampfung eines festen oder flüssigen Körpers versteht man die Emission von Molecülen, welche chemisch gleichartig mit den Molecülen des emittirenden Körpers sind. Demgemäss setzt die Evaporationstheorie der radiometrischen Erscheinungen im Innern der Gefässe die Existenz eines condensirbaren Gases (Wasserdampf) voraus, und erklärt alle radiometrischen Bewegungen entsprechend den Principien der oben (S. 20) formulirten Emissions-Hypothese, bei welcher jedoch die Natur und

Beschaffenheit der emittirten Theilchen noch unbestimmt gelassen wird.

Die Evaporations-Theorie ist zuerst, wie ich glaube, von Hrn. Osborne Reynolds[1]) und später in ähnlicher Weise von Hrn. Govi zur Erklärung der radiometrischen Rotation benutzt worden. Letzterem ist es gelungen, bei einem Radiometer in einer wasserdampfhaltigen Atmosphäre von 100° C. durch Temperaturveränderungen ganz dieselben Rotationen an einem leicht beweglichen Kreuze mit Aluminiumflügeln zu erzeugen, wie dieselben in Folge analoger Temperaturveränderungen bei einem Radiometer durch Bestrahlung beobachtet werden.[2])

Diese Versuche liessen sich vielleicht noch durch ein Experiment vermehren, bei welchem die Flügel des Radiometers aus Palladiumblech angefertigt sind, welches auf der einen Seite nach der Graham'schen Methode elektrolytisch mit Wasserstoff beladen ist. Vorausgesetzt, dass alsdann unter dem Einfluss von Licht- oder Wärmestrahlen eine theilweise Entbindung des Gases auf den beladenen Seiten stattfindet, so würde man auch in diesem Falle vielleicht eine sehr energische Rotation durch Emission von Wasserstoff erzeugen können.

Die Evaporationstheorie ist, wie man sieht, ein Specialfall der allgemeiner gefassten Emissionshypothese, welche sowohl die Ursachen als auch die Beschaffenheit der emittirten Theilchen vorläufig noch ganz unbestimmt lässt. Die Verdampfungstheorie erscheint daher nicht in der Form einer Hypothese, sondern in Gestalt einer rationellen Generalisation. Denn sie verallgemeinert nur einen unter bekannten und nachweisbaren Bedingungen stattfindenden Process auch für solche Bedingungen, welche nur quantitativ, nicht qualitativ von den gewöhnlichen verschieden sind, und sich daher möglicherweise nur deswegen unserer

---

[1]) *Proc. Royal Society 1874, June 18.* Eine Kritik dieser Theorie befindet sich in einem Vortrag von Crookes „*lecture delivered before the Physical Society (1874 June 20)*" und im *Philos. Mag. 1874 August.* Ebenso im *Philos. Trans. Vol. 165, p. 544 (1875, II).*

[2]) *Comptes rendus 1876, 3. Juillet. p. 51.*

directen Beobachtung entziehen. Demgemäss wird die von Herrn Osborne Reynolds und Herrn Govi vertretene Evaporationstheorie so lange ihre volle Berechtigung behalten, als nicht durch unwiderlegliche Versuche die Abwesenheit aller condensirbaren Gase (Quecksilber- und Wasserdampf) bewiesen ist, oder neue Erscheinungen entdeckt werden, welche durch jene Theorie nicht allein oder nur unvollständig erklärt werden können.

Aber selbst wenn die oben erwähnten condensirbaren Dämpfe vollständig entfernt werden könnten, würde die Evaporationstheorie dennoch so lange ihre Berechtigung bewahren, als nicht durch unwiderlegliche Versuche bewiesen ist, dass der Verdampfungsprocess kein allgemeiner, d. h. für alle festen Körper bei jeder Temperatur über dem absoluten Nullpunkt stattfindender ist. Denn dass z. B. feste Körper, wie Glas, Aluminium, Kohle etc. bei gewöhnlichen Temperaturen absolut keine Verdampfung erleiden sollen, während Regnault beim Eise sogar bei einer Temperatur von — 31° C. noch eine Dampfspannung von 0,320 Millimeter Quecksilber gemessen hat, ist nicht nur eine sehr unwahrscheinliche Annahme, sondern lediglich eine bis jetzt durch nichts bewiesene Behauptung.

Clausius hat vor 20 Jahren zuerst eine bestimmte Vorstellung von der Bewegung der Molecüle vom Standpunkte der mechanischen Theorie der Gase mit folgenden Worten entwickelt: [1])

„Es ist im Vorigen gesagt, dass in Flüssigkeiten ein Molecül bei seiner Bewegung in der Anziehungssphäre seiner Nachbarmolecüle bleibt, oder

---

[1]) Poggendorff's Ann. Bd. 100. (1857 Märzheft.) — *Phil. Mag. 4. Sér. Vol. XIV, p. 108.* Gesammelte Abhandlungen No. XIV, 2. Abtheilung. S. 237 ff. (Braunschw. 1867.) In einer Anmerkung bemerkt hier Clausius:

„Die hier folgende Erklärung der Verdampfung ist, so viel ich weiss, vor mir von Niemand gegeben, indem Joule und Krönig von der Verdampfung nicht sprechen, und ich auch bei den Autoren, von welchen ich nachträglich erfahren habe, dass sie über den gasförmigen Zustand schon früher ähnliche Ideen ausgesprochen hatten, wie Joule, Krönig und ich, über den Verdampfungsprocess keine derartigen Aussprüche gefunden habe. 1866.“

diese nur verlässt, um dafür zu andern Nachbarmolecülen in eine entsprechende Lage zu kommen. Dieses gilt aber nur von dem Mittelwerthe der Bewegungen, und es ist, da die Bewegungen ganz unregelmässig sind, anzunehmen, dass die Geschwindigkeiten der einzelnen Molecüle von dem Mittelwerthe nach beiden Seiten innerhalb weiter Grenzen abweichen.

Betrachten wir nun zunächst die Oberfläche einer Flüssigkeit, so nehme ich an, dass in der Mannichfaltigkeit der Bewegungen hin und wieder der Fall eintritt, dass ein Molecül durch ein günstiges Zusammentreffen der fortschreitenden, schwingenden und drehenden Bewegung mit solcher Heftigkeit von seinen Nachbarmolecülen fortgeschleudert wird, dass es, bevor es durch die zurückziehende Kraft derselben diese Geschwindigkeit ganz verloren hat, schon aus ihrer Wirkungssphäre heraus ist und dann in dem über der Flüssigkeit befindlichen Raume weiter fliegt.

Denken wir uns diesen Raum begrenzt und anfänglich leer, so wird er sich mit den fortgeschleuderten Molecülen allmälig mehr und mehr füllen. Diese Molecüle verhalten sich nun in dem Raume ganz wie ein Gas und stossen daher in ihrer Bewegung gegen die Wände. Eine dieser Wände wird aber von der Flüssigkeit selbst gebildet, und diese wird, wenn ein Molecül gegen sie stösst, dasselbe im Allgemeinen nicht wieder zurücktreiben, sondern durch die Anziehung, welche die übrigen Molecüle bei der Annäherung sogleich wieder ausüben, festhalten und in sich aufnehmen. Der Gleichgewichtszustand wird also eintreten, wenn so viel Molecüle in dem oberen Raume verbreitet sind, dass durchschnittlich während einer Zeiteinheit eben so viele Molecüle gegen die Flüssigkeitsoberfläche stossen und von dieser festgehalten werden, als andere Molecüle von ihr ausgesandt werden. Der eintretende Gleichgewichtszustand ist demnach nicht ein Ruhezustand, in welchem die Verdampfung aufgehört hat, sondern ein Zustand, in welchem fortwährend Verdampfung und Niederschlag stattfinden, die beide gleich stark sind, und sich dadurch compensiren."

Entsprechend dem bereits oben Bemerkten überträgt Clausius diese Vorstellungen auch auf die Verdampfung fester Körper, indem er S. 240 a. a. O. wörtlich bemerkt:

„Aehnlich wie bei flüssigen, lässt sich auch bei festen Körpern die Möglichkeit einer Verdampfung einsehen; indessen folgt daraus nicht umgekehrt, dass an der Oberfläche aller Körper eine Verdampfung stattfinden müsse. Es ist wohl denkbar, dass die Molecüle eines Körpers so fest untereinander zusammenhängen, dass, so lange die Temperatur des Körpers eine gewisse Grenze nicht überschreitet, selbst die günstigste Combination der verschiedenen Molecularbewegungen nicht fähig ist, den Zusammenhang zu lösen."

Da aber durch die blosse Denkbarkeit solcher Körper noch nicht ihre Existenz bewiesen ist, sondern über letztere lediglich nur die Erfahrung entscheiden kann, so müssen

wir die Verdampfbarkeit aller Körper, unabhängig von ihrem Aggregatzustande, als eine allgemeine Eigenschaft der Körper voraussetzen, da die Existenz von Körpern, welche absolut nicht verdampfen, durch Versuche nie bewiesen werden kann.

Entsprechend dieser Anschauung, habe ich bereits vor sechs Jahren „die Verdampfung als eine allgemeine Eigenschaft der Materie, unabhängig vom Aggregatzustande“, als das nothwendige Resultat einer rationellen Generalisation in folgenden Worten näher zu begründen versucht:[1])

„Die hier dargelegte Beziehung zwischen dem festen und dampfförmigen Aggregatzustande ist nun aber nach allen bis jetzt bekannten Thatsachen nicht nur eine einzelnen Körpern eigenthümliche, sondern höchst wahrscheinlich eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Dass wir nicht, wie beim Eise und anderen leichter verdampfenden Stoffen, im Stande sind, den Druck der gebildeten Dampfatmosphäre durch Depression des Quecksilberniveaus im Vacuum des Barometers nachzuweisen, muss nach einer rationellen Induction zunächst nur durch die allzugrosse Kleinheit, aber nicht durch die gänzliche Abwesenheit der fraglichen Druckgrössen erklärt werden. In ähnlicher Weise, wie die Werthe der Dampfspannung des Wassers unabhängig von dem Aggregatzustande bei continuirlichen Temperaturänderungen continuirlich in einander übergehen, muss dies auch bei anderen Körpern vorausgesetzt werden. Nur die Grösse der Dampfspannung wird bei derselben Temperatur für verschiedene Stoffe eine ausserordentlich verschiedene sein.“

„Ohne hier ausführlicher auf die Erscheinungen einzugehen, welche als Stützen für die Verdunstung von festen Körpern mit sehr hohen Schmelzpunkten auch bei gewöhnlicher Temperatur angeführt werden könnten, mag doch an den eigenthümlichen Geruch der Metalle und einiger Mineralien erinnert werden.“

Dass die in den obigen Sätzen von mir ausgesprochenen Anschauungen in neuester Zeit auch noch durch andere Beobachtungen eine Bestätigung zu erlangen scheinen, hatte ich in meiner, vor einem Jahre in den Astronomischen Nachrichten Bd. 87, No. 2082—2086, S. 335 publicirten, zweiten Abhandlung „über die physische Beschaffenheit der Cometen“ gelegentlich bemerkt. Das hierauf bezügliche Citat aus einer

---

[1]) Berichte der Königl. Sächs. Ges. d. W. Sitzung vom 6. Mai 1871. Ueber die Stabilität kosmischer Massen und die physische Beschaffenheit der Cometen. — Ueber die Natur der Cometen u. s. w. Leipzig 1872. S. 86 ff.

Arbeit von A. Kundt und Warburg „über die Reibung und Wärmeleitung verdünnter Gase“[1]) ist wörtlich folgendes:

„Die Zusammensetzung der Spuren gasiger Materie, die in unseren besten Vacuis noch vorhanden ist, wird jedenfalls eine ziemlich complicirte sein, es werden in den Vacuis enthalten sein Spuren des ausgepumpten Gases, Quecksilberdampf, Wasserdampf, der sich an den Wänden oder von dem Fett ablöst, Zersetzungsproducte dieses Fettes selbst und möglicherweise gar Zersetzungsproducte des Glases.“

Eine solche Annahme von gasförmigen Zersetzungsproducten des Glases wäre vollkommen gerechtfertigt, wenn die neuere Theorie der Dissociation tiefer in der Constitution der Körper begründet ist.

Es sei mir zum Schlusse dieser Betrachtung noch gestattet, die bekannte Verdampfbarkeit eines festen Körpers auf die Erklärungen der radiometrischen Bewegungen in einem fingirten Beispiele anzuwenden. Wir wollen uns zu diesem Zwecke ein Radiometer vorstellen, dessen Fügel und Wandungen aus Eis von —32° C. bestehen. Im Innern eines solchen Radiometers würden sich bei dieser Temperatur gesättigte Wasserdämpfe befinden, welche nach Regnault's Untersuchungen nicht weniger als 0,320 Millimeter Spannkraft besässen, während die Spannung durch eine Temperaturerhöhung bis zu —1° C. nach Regnault und Magnus' Untersuchungen sogar bis auf 4,263^{mm} steigt[2]). Würde man daher die aus Eis bestehende Wand eines solchen fingirten Radiometers etwa durch Berührung mit der warmen Hand an einer Stelle von —32° C. bis auf —15° C., also um 17° erwärmen, so würde sich von dieser Stelle ein Dampfstrom in das Innere des Gefässes ergiessen, dessen Spannung um 1,08^{mm} grösser ist, als die Spannung des bei —32° C. im Innern des Gefässes befindlichen Dampfes. Es beträgt nämlich die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei —15° C. nach den erwähnten Beobachtungen bereits 1,400^{mm}. In diesem Falle würde also die Emission materieller Theilchen auf Grund der thatsäch-

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 156. S. 178—211. (§. 30.)

[2]) Regnault, *Mémoires de l'Acad. T. XXI.* — Pogg. Ann. Ergänzungsband 2. — Vgl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. III. S. 557, 2. Aufl.

lich stattfindenden Verdampfung des Eises durch directe Versuche nachweisbar sein, ohne dass man nöthig hätte, zur Erklärung dieser Emissionen andere Ursachen, z. B. die Existenz condensirter Gasschichten, vorauszusetzen.

Der hier an einem fingirten Beispiel erläuterte Vorgang könnte nun auch auf die Radiometer aus Glas, Aluminium, Glimmer und anderen festen Körpern übertragen werden, so lange es sich nur darum handelte, die radiometrischen Erscheinungen qualitativ durch derartige Emissionen zu erklären.

Es würde aber hierzu erforderlich sein, die Verdampfbarkeit aller festen Körper auch bei denjenigen Temperaturen vorauszusetzen, welche weit von den Schmelzpunkten jener Körper entfernt liegen und bei welchen wir, infolge unserer Organisation, gezwungen sind, unsere gewöhnlichen Beobachtungen anzustellen.

Dritte Abhandlung.

(Poggendorff's Annalen, März-Heft 1877.)

Im Anschluss an die bereits mitgetheilten Versuche erlaube ich mir im Folgenden noch einige weitere Experimente und Beobachtungen zu beschreiben, welche mir geeignet erscheinen, die Theorie der von Herrn Crookes entdeckten radiometrischen Bewegungen zu fördern.

Neunter Versuch.

Fig. 1, Taf. II stellt eine Modification des siebenten Versuches (S. 28) dar, welche Herr Götze in Leipzig (Albertstrasse 22), den ich mir für die Anfertigung sämmtlicher in diesen Abhandlungen beschriebenen Apparate zu empfehlen erlaube, selbstständig und unabhängig von meinen Angaben construirt hat.

Unter einer beweglichen Glimmerscheibe befindet sich in einem Abstande von etwa 15^{mm} ein bewegliches Kreuz mit schräg gestellten Aluminium-Flügeln, die auf ihrer unteren Seite mit Glimmerblättchen beklebt sind. Sobald der Apparat dem Lichte ausgesetzt wird, beginnt das Kreuz in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung sehr schnell zu rotiren, während gleichzeitig die Scheibe nach der ent-

gegengesetzten Seite in lebhafte Rotation geräth. Selbstverständlich kann das bewegliche Kreuz auch durch entsprechend geschwärzte Flügel ersetzt werden.

Wird das Gefäss unterhalb der Ebene der Glimmerscheibe, z. B. mit der warmen Handfläche, erwärmt, so rotiren Kreuz und Scheibe nach der entgegengesetzten Richtung wie im Lichte. Im ersten Falle findet die Rotation unter dem Einflusse der Emission von Theilchen der beweglichen Fügel, im zweiten Falle durch Emissionen von der Gefässwandung statt, welche, wie beim siebenten Versuche, durch die als Schirme wirkenden Flügel des darunter befindlichen Kreuzes Bewegungs-Componenten liefern, welche die Glimmerscheibe in dem beobachteten Sinne in Rotation versetzten.

Zehnter Versuch.

Fig. 2, Taf. II stellt zwei communicirende Radiometer-Gefässe dar, in denen zwei bewegliche Kreuze angebracht sind, deren Flügel aus schräg gestellten, nicht geschwärzten Glimmerblättchen bestehen. Unterhalb derselben sind ringförmig zwei Drähte befestigt, von denen der eine aus Aluminium, der andere aus Platin besteht. Die Drähte können, wie Fig. 3 zeigt, mit einem galvanischen Elemente verbunden und hierdurch erwärmt werden. Die Temperaturerhöhung des Platindrahtes lässt sich näherungsweise durch ein in fünftel Grade C. getheiltes Thermometer bestimmen, um dessen Quecksilbergefäss ein Platindraht von derselben Dicke wie in dem betreffenden Radiometer in einer dicht anschliessenden Spirale von mehrfachen Windungen geführt ist. Das Thermometer wird dann in ein Gefäss *g* gesetzt, in dem sich eine nicht leitende Flüssigkeit befindet, z. B. Copallack, welche die Drahtspirale umspült (Fig. 3).

Bei einer galvanischen Temperaturerhöhung des Drahtes von höchstens 10^0 C. wurden unter verschiedenen Druckverhältnissen des Gases im Innern der Gefässe folgende Erscheinungen beobachtet.

1) Bei gewöhnlichem Barometerdruck von 760^{mm} fand eine normale Rotation statt, d. h. eine solche, wie sie durch erwärmte, vom Drahte aufsteigende, Luftströme erklärt werden kann.

2) Bei stetiger Verminderung des Druckes trat bei ungefähr 100^{mm} ein Wendepunkt ein, indem sich die Rotation mit abnehmender Geschwindigkeit bis zum Stillstande bei diesem Druck verlangsamte.

3) Bei niedrigeren Druckwerthen als 100^{mm} stellte sich eine anomale Rotation nach der entgegengesetzten Richtung ein, d. h. eine solche, welche durch Aufsaugung des Gases durch die erwärmten Drähte, sowohl des Aluminium- als Platindrahtes, erklärt werden könnte.

4) Diese anomale Rotation blieb unverändert bis zu Druckwerthen, welche barometrisch nicht mehr gemessen werden konnten, und bei welchen, wie es schien, ein mit der Pumpe gleichzeitig in Verbindung gesetztes gewöhnliches Radiometer bereits den Punkt seiner grössten Empfindlichkeit überschritten hatte.[1])

5) Bei fortgesetzter Evacuation tritt fast plötzlich wieder die normale Rotation ein, jedoch mit einer solchen Geschwindigkeit, dass man nicht mehr die einzelnen Theile des rotirenden Kreuzes zu erkennen im Stande ist. Ich habe bei den empfindlichsten Radiometern, selbst bei der kräftigsten Bestrahlung durch die Sonne, niemals auch nur entfernt solche Rotationsgeschwindigkeiten beobachtet. Die galvanische Erwärmung des Drahtes braucht hierbei nur 2^0 bis 3^0 zu betragen. Der Eintritt der Wendepunkte scheint näherungsweise beim Platindraht und Aluminiumdraht gleichzeitig einzutreten.

Alle diese Versuche gelingen *mutatis mutandis* auch dann, wenn die Drahtringe über statt unter dem beweglichen Kreuze angebracht sind.

Wenn die Gefässe bei diesem geringen Drucke des eingeschlossenen Gases abgeschmolzen werden, so findet unter

---

[1]) Diese merkwürdige anomale Rotation blieb unverändert, selbst wenn der Platindraht bis zum Rothglühen erhitzt wurde. Wendet man statt des Platindrahtes einen starken Kupferdraht an von ca. 1,5 Millim. Dicke und benutzt einen Strom selbst von 8 Grove'schen Elementen, so findet gar keine Rotation statt, ein Beweis, dass auch die anomale Rotation mit der galvanischen Erwärmung, nicht mit der Stromstärke im Zusammenhange steht.

denselben Bedingungen die normale Rotation bei der galvanischen Erwärmung der Drähte gleichfalls statt.

Indessen beobachtet man hierbei, entsprechend der bereits früher (S. 30) gemachten Bemerkung, eine stetige Abnahme der Geschwindigkeit bei gleicher Erwärmung, bis nach etwa 8 bis 10 Tagen, selbst bei einer Erwärmung des Drahtes bis zum Glühen, Stillstand eintritt, der sich später wieder in die anomale Rotation verwandelt. Meine S. 30 ausgesprochene Vermuthung, dass diese Veränderung lediglich von einer allmäligen Druckvergrösserung im Innern der Gefässe herrührt, sei es durch Verdampfung von auf der Oberfläche der innern Glaswandungen condensirten Gasschichten oder des Glases selbst, hat sich durch folgenden Versuch bestätigt.

Elfter Versuch.

Wird das Instrument, nachdem es im Laufe von etwa 14 Tagen indifferent gegen die Erwärmung durch den galvanischen Strom geworden ist, durch Eiswasser abgekühlt, so findet sofort wieder die normale Rotation statt, entsprechend einer Druckverminderung der eingeschlossenen Dämpfe.

Erwärmt man dagegen das Gefäss zur Zeit des Indifferenzpunktes über der Lampe oder durch heisses Wasser, so tritt die anomale Rotation bei der galvanischen Erwärmung ein, entsprechend einer Druckvergrösserung der eingeschlossenen Dämpfe.

Zwölfter Versuch.

Erwärmt man die Drähte durch Bestrahlung mit Sonnenlicht, indem man das Instrument einfach in die Sonne stellt, so findet stets die normale Rotation statt, auch wenn sich der Druck im Innern der Gefässe so weit vergrössert hat, dass bei der galvanischen Erwärmung des Drahtes die anomale Rotation eintritt. Man hat es in diesem Falle nur mit einer Modification des fünften Versuches (Fig. 9, Taf. I, S. 23) zu thun, indem die unter dem beweglichen Kreuze befindliche Aluminiumscheibe durch die

bestrahlten Drähte ersetzt ist, und demgemäss im letzteren Falle auch eine im Verhältniss zur Verminderung der bestrahlten Fläche langsamere Rotation eintritt.

Folgerungen und fernere Beobachtungen.

Aus dem zuletzt beschriebenen Versuche geht hervor, dass der galvanische Strom nicht nur durch die von ihm in den Drähten erzeugte Erwärmung auf die Glimmerscheibe wirkt, sondern, dass diesem Strome eine specifische Wirkung auf das umgebende gasförmige Medium zugeschrieben werden muss, welche entgegengesetzt der durch die Temparaturerhöhung erzeugten Wirkung ist. Diese Wirkung könnte durch eine Resorption des umgebenden Gases erklärt werden.

Wenn sich die Versuche von Edlund[1]), Streintz[2]) und Exner[3]) bestätigen, so besitzt der galvanische Strom eine analoge specifische Wirkung bezüglich der Ausdehnung der Körper, indem nach den erwähnten Versuchen ein galvanisch durchflossener Draht sich stärker ausdehnen würde, als er dies nur in Folge der galvanisch in ihm entwickelten Wärme thun dürfte.

Für die Existenz solcher Absorptionsprocesse scheint mir folgende Beobachtung nicht ohne Interesse zu sein. Ich stellte den in Fig. 2, Tafel II dargestellten Apparat, nachdem er während einer der normalen Rotation entsprechenden Evacuation an der Pumpe abgeschmolzen war, zwischen das Doppelfenster meines Arbeitszimmers. Es waren bereits einige Tage seit dem Abschmelzen des Instrumentes verflossen und demgemäss bereits eine Verminderung der normalen Rotationsgeschwindigkeit eingetreten, als ich eines Abends spät in mein Zimmer kam und, bevor die Lampe angezündet war, an das Fenster trat, um die zwischen dem Doppelfenster befindlichen Radiometer zu beobachten. Es war eine helle

---

[1]) Edlund, Pogg. Ann. Bd. 149. S. 99. 1873.

[2]) Streintz, Wiener Berichte. Bd. LXVII. [2.] 1873 (April). — Pogg. Ann. Bd. 150. S. 368. 1873.

[3]) Exner, Wiener Ber. Mai 1875.

Mondscheinnacht; während alle übrigen Radiometer, entsprechend früheren Beobachtungen, vollkommen unbeweglich waren, rotirten die in dem Apparate Fig. 2, Taf. II befindlichen Kreuze langsam aber stetig in anomaler Richtung. Diese anomale Rotation habe ich seitdem des Nachts auch ohne Mondschein während eines Zeitraumes von vier Wochen beobachtet und verschiedenen meiner Freunde gezeigt. Auch des Tages bei dicht bedecktem Himmel fand diese Rotation statt, während bei hellerer Beleuchtung ein Stillstand eintrat, der sich bei Bestrahlung durch die Sonne in eine normale Rotation verwandelte. Diese Eigenschaft hat sich jedoch nach und nach verloren und findet gegenwärtig nicht mehr statt.

Eines merkwürdigen Umstandes bei dieser Beobachtung sei noch in Kürze gedacht. Ich vermuthete, dass diese Erscheinung mit einer Ausstrahlung gegen den Himmelsraum in Zusammenhang stehe und öffnete daher zur Vergrösserung dieser Ausstrahlung das äussere Fenster, während das innere wieder geschlossen wurde. Die eintretende Wirkung war die entgegengesetzte von der erwarteten; die Bewegung hörte nach Verlauf einer halben Minute vollständig auf. Sobald ich das äussere Doppelfenster aber wieder schloss, stellte sich auch sofort wieder die anomale Rotation ein. Diesen Versuch habe ich sehr oft mit immer gleichem Erfolge wiederholt und verschiedenen meiner Freunde und Collegen, z. B. Fechner, W. Weber, Scheibner u. A., gezeigt.

Dreizehnter Versuch.

Herr Dr. Geissler in Bonn hat auf der letzten Naturforscherversammlung in Hamburg einen Versuch mitgetheilt, den ich in der Fig. 4, Taf. II dargestellten Form wiederholt habe. In dem Gefässe *a* befindet sich Luft von etwa 1^{mm} Spannung. In gewöhnlicher Weise ist ein mit ungeschwärzten Glimmerblättchen versehenes bewegliches Kreuz angebracht, dessen Flügel senkrecht zur Rotationsebene stehen. Wird nun durch dieses Gefäss der Inductionsstrom eines kleinen Rühmkorff'chen Apparates geleitet, so rotirt das Kreuz stets in solcher Richtung, wie sie einer Emission von materiellen Theilchen von der positiven (?) Elektrode entspricht

(Fig. 4*b*, Taf. II). Wird der Strom umgekehrt, so findet auch ein Wechsel der Rotationsrichtung statt. Dieser Versuch ist für die Emissionstheorie deswegen von Interesse, weil durch denselben in einem speciellen Falle direct der Beweis geliefert wird, dass die fraglichen Rotationen unter dem Einfluss von Emissionsprocessen stattfinden können. Nimmt man bei den radiometrischen Bewegungen an, dass auch nur ein Theil der emittirten Theilchen aus elektrischen Theilchen bestehe, so würde hierdurch auch, bezüglich der Bedingung für das Zustandekommen solcher Emissionen, in dem Vorhandensein eines bis zu einem gewissen Grade mit Gas erfüllten Raumes eine weitere Analogie mit dem Durchgange der Elektricität durch luftverdünnte Räume gegeben sein, obschon die Dichtigkeit des verdünnten Gases in beiden Fällen eine verschiedene ist. Die von Muncke, P. Delsaulx u. A. beobachteten schwachen elektrischen Ladungen der Flügel und Gefässe der Radiometer würden ausserdem zu Gunsten einer solchen Anschauung sprechen.

Vierzehnter Versuch.

Herr A. Kundt hat (Poggend. Annalen 1876, Juliheft No. 8, S. 570 und 660) einen interessanten Versuch beschrieben, durch welchen die Reibung der geringen Gasmenge, welche sich in den radiometrischen Gefässen befindet, zur Anschauung gebracht wird. Zwei unabhängig von einander bewegliche Glimmerscheiben „sind etwa 2 bis 3^{mm} von einander entfernt“ in einem solchen Gefässe angebracht. Wird die eine dieser Scheiben in Rotation versetzt, so geräth allmälig auch die andere in gleichem Sinne in Bewegung. Herr Kundt hat die untere Scheibe mit Flügeln eines Crookes'schen Radiometers versehen und alsdann den Apparat „einer energischen Strahlung ausgesetzt“.

Hierbei bemerkt Kundt:

„Ich habe mich lange bemüht, in einem geschlossenen evacuirten Raum eine kleine Scheibe durch magnetische Kräfte von Aussen oder durch einen kleinen in den Raum gebrachten Elektromotor in Rotation zu versetzen. Ich kam indessen zu keinem befriedigenden Resultate. Schliesslich

habe ich die von Crookes aufgefundene Bewegung, in welche leicht drehbare Körper in einem sehr gut exantlirten Raum durch Bestrahlung versetzt werden, als Triebkraft für die untere Scheibe benutzt."

Da es mir vom Standpunkte der Emissionshypothese von Wichtigkeit erschien, die Existenz dieser Reibungsprocesse auch in einem nicht „energisch" bestrahlten Gefässe zu constatiren, war ich genöthigt, magnetische und elektromagnetische Kräfte als Triebkräfte für die untere Scheibe zu benutzen. Es ist mir das auch vollkommen durch den in Fig. 5, Taf. II dargestellten Apparat gelungen, dessen Einrichtung unmittelbar aus der Figur verständlich ist. Die Glimmerscheibe setzte sich selbst bei einer Entfernung von mehr als 7^{mm} von der unteren in ziemlich lebhafte Rotation, wenn der Apparat durch den galvanischen Strom eines kleinen Elementes in Thätigkeit versetzt wurde. Ein eingeschalteter Commutator gestattete jeder Zeit die Rotationsrichtung umzukehren, und nach kurzer Zeit auch die entsprechende Umkehrung an der oberen Scheibe zu beobachten.

Zusatz.

Es lässt sich die Rotation der Stahlmagnete auch bedeutend einfacher ohne Anwendung eines elektromagnetischen Rotations-Apparates bewirken, indem man eine horizontale Windmühle wie Fig. 5*b* mit der Axe des Apparates in Verbindung setzt und dieselbe durch Anblasen mit Hülfe eines Gummischlauches in Rotation versetzt. Je nachdem man den Luftstrom auf die obere oder untere Seite der Flügel richtet, findet die Rotation in dem einen oder anderen Sinne statt.

Bestätigung

der

elektrischen Emissionstheorie

durch

die neuen Experimente von Professor Crookes.

Herr Crookes hat am 5. December 1878 der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu London eine neue Reihe von Experimenten mitgetheilt[1]), welche er mit einigen Modificationen auf der letzten englischen Naturforscherversammlung zu Sheffield[2]) am 22. August 1879 öffentlich demonstrirt hat. Das wesentlich Neue der erwähnten Versuche besteht in Folgendem.

Es ist bekannt, dass beim leuchtenden Uebergang der Elektricität in den luftverdünnten Räumen der Geissler'schen Röhren die negative Elektrode von einem dunklen Raum umgeben ist. Hr. Crookes zeigt nun, dass bei steter Fortsetzung der Verdünnung des eingeschlossenen Gases dieser dunkle Raum sich immer mehr erweitert, bis er endlich bei einem sehr hohen Grade der Verdünnung so gross wird, dass er die ganze Röhre ausfüllt. Hr. Crookes sagt in der ersten der unten citirten Abhandlungen wörtlich: „*At very high exhaustions the dark space becomes so large that it fills the tube*“. In diesem Falle zeigt sich nun an einer der negativen Elektrode genau gegenüberliegenden Stelle auf der gläsernen Röhrenwand ein scharf begrenzter leuchtender Fleck von gelb-

---

[1]) *On the Illumination of Lines of melcular pressure and the Trajectory of Molecules, by William Crookes, F. R. S. — Abstract of a Paper read before the Royal Society. Dec. 5. 1878.*

[2]) *On Radiant Matter. A Lecture delivered to the British Association for the advancement of Science at Sheffield, Friday, August 22., 1879. By William Crookes, F. R. S. —*

lich-grüner Farbe. Hr. Crookes hebt hervor, dass dieses grüne Licht nicht mit dem bekannten Phosphorenzlicht in Geissler'schen Röhren bei grösserer Dichtigkeit des eingeschlossenen Gases zu verwechseln sei. Jenes oben erwähnte Licht tritt vielmehr erst dann auf, wenn die Verdünnung des Gases so gross ist, dass das Vacuum nicht mehr leitend ist und sich selbst für den stärksten Inductionsapparat wie ein Isolator verhält. Dieses Licht ist allen deutschen Physikern, welche im Besitze einer sogenannten Geissler'schen Vacuum-Röhre sind, seit langen Jahren bekannt. Ich besitze eine solche Röhre aus starkem Glase, bei welcher die beiden eingeschmolzenen starken Platindrähte kaum 1 Millimeter weit im Innern von einander entfernt sind. Das Vacuum in dieser Röhre ist so vollkommen, dass selbst bei Anwendung des stärksten Inductionsapparates kein Funke zwischen diesen beiden Platindrähten überspringt, sondern nur die ganze Röhre in einem gelblich-grünen Phosphorescenzlichte erscheint, welches sein scharf begrenztes Maximum in einem Kreise hat, dessen Ebene senkrecht zur Axe der Drähte steht und dieselbe genau in dem Zwischenraum zwischen beiden schneidet.

Hr. Crookes zeigt nun durch eine Reihe höchst sinnreicher und eleganter Versuche, dass jenes oben erwähnte gelblich-grüne Phosphorescenzlicht durch den Anprall elektrisch geladener Molecüle gegen die Glaswand der Röhre entsteht, welche geradlinig von der Oberfläche der negativen Elektrode mit grosser Geschwindigkeit fortgeschleudert werden. Aehnlich wie Schrotkugeln, welche aus einer Flinte gegen eine feste Wand geschossen werden, bei ihrem Anprall die lebendige Kraft ihrer fortschreitenden Bewegung in Wärme, d. h. in Schwingungen der Molecüle an der Berührungsfläche mit der sie auffangenden Wandfläche verwandeln, ähnlich findet bei den oben erwähnten Versuchen eine Verwandlung der translatorischen lebendigen Kraft von geradlinig bewegten elektrischen Molecülen in die vibrirende lebendige Kraft von Licht und Wärmeschwingungen statt. Hr. Crookes beweist nun durch verschiedene sinnreiche und elegante Versuche, dass die vom negativen Pole ausgesandten, elektrisch geladenen Molecüle folgende Eigenschaften besitzen:

1. Dieselben bewegen sich geradlinig von der negativen Elektrode durch die Röhre, bis sie durch die Röhrenwand oder einen andern, in ihrer Bewegungsrichtung befindlichen Körper, in ihrer Bewegung gehemmt werden.
2. Die Richtung der von den elektrisirten Molecülen beschriebenen Bahnen steht senkrecht zu den Flächenelementen, von welchen die Molecüle ausgesandt werden. Bildet daher die negative Elektrode eine Hohlschale, so kreuzen sich die von ihr in der Richtung der Radien ausgesandten elektrischen Theilchen im Mittelpunkte der Hohlschale und bilden dort einen Focus.
3. Treffen die ausgesandten elektrisirten Molecüle auf bewegliche Körper, so setzen sie dieselben in Bewegung.
4. Treffen die ausgesandten elektrisirten Molecüle auf unbewegliche Körper, so werden dieselben an der von den Molecülen getroffenen Stelle stark erhitzt.
5. Werden die ausgesandten elektrisirten Molecüle senkrecht zu ihren Bahnlinien dem Magnetismus eines Stahl- oder Elektromagneten ausgesetzt, so krümmen sich die Bahnen nach dem Magneten.

Zur Demonstration des ersten Satzes beschreibt Hr. Crookes den folgenden Versuch. Fig. 1. Taf. III stellt ein birnenförmiges Glasgefäss dar, welches bis zu dem oben erwähnten hohen Grade der Verdünnung evacuirt ist. Die negative Polplatte ist bei *a* angebracht und bei *b* befindet sich ein aus Aluminiumblech angefertigtes Kreuz in Verbindung mit dem positiven Poldraht. Das Kreuz ist nur lose an seiner Basis auf dem Zuleitungsdrahte angebracht, so dass dasselbe durch einen Stoss gegen die Röhre von dem Drahte getrennt werden kann. Sobald der Inductionsapparat in Thätigkeit gesetzt wird, beginnen die von den ausgesandten Molecülen getroffenen Stellen der Glaswand in dem oben erwähnten grünlich-gelben Lichte zu phosphoresciren, während sich ein dunkler Schatten des Kreuzes an derjenigen Stelle der Glaswand bildet, welcher gegen den Anprall der Molecüle durch das Aluminiumkreuz geschützt war. Hr. Crookes zeigt nun, dass die von den elektrisirten Molecülen getroffenen Stellen des Glases selber eine physische Veränderung erleiden, und zwar eine

solche, welche die Fähigkeit zur Phosphorescenz vermindert und mit der Zeit ganz abstumpft, ganz analog der allmähligen physiologischen Abstumpfung unserer Netzhaut durch starke Lichtreize. Es beruht bekanntlich auf dieser Eigenschaft des Auges die Erzeugung sogenannter negativer Nachbilder, d. h. solcher, bei welchen die Verhältnisse von Hell und Dunkel des Objectes sich umgekehrt haben. Sieht man z. B. eine Secunde lang in die an der Nähe des Horizontes befindliche Sonnenscheibe und schliesst alsdann die Augen, so beobachtet man noch einige Minuten ein helles Nachbild der Sonne auf dunklem Grunde. Oeffnet man nun die Augen und blickt auf eine weisse Papierfläche, so erscheint an Stelle des hellen ein dunkles Nachbild auf weissem Grunde, weil die von dem beleuchteten Papier ausgehenden Strahlen an den durch die Sonnenstrahlen abgestumpften Stellen der Netzhaut einen geringeren Lichtreiz als an den andern, vorher nicht gereizten, Stellen hervorrufen.

Ganz dieselben Erscheinungen lassen sich nun an dem oben beschriebenen Apparate des Hrn. Crookes beobachten. Wird nämlich durch einen kleinen Stoss gegen die Röhre das Aluminiumkreuz von dem positiven Poldraht herabgeworfen und hierauf der Inductionsapparat von Neuem in Thätigkeit gesetzt, so phosphoresciren die vorher im Schatten des Kreuzes befindlichen Stellen des Glases beträchtlich stärker als die bereits abgestumpften, und es erscheint ein helles Kreuz auf dunklem Grunde.

Ich erlaube mir hierbei auf den Zusammenhang hinzuweisen, in welchem diese Erscheinung mit den sogenannten Moser'schen Hauchbildern bei molecularer Entfernung zweier Körper steht. Bereits im zweiten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" hatte ich eine „Theorie der Elektricitätserregung durch Berührung" nach den Principien Wilhelm Weber's entwickelt und a. a. O. Bd. II. S. 175 wörtlich Folgendes bemerkt:

„Die Oberflächen zweier Körper, welche sich berühren, befinden sich in einer Entfernung von der Ordnung der Distanz der Molecüle im Innern der Körper. Demgemäss müssen an der Berührungsfläche zweier Körper Wechsel-

wirkungen stattfinden, bei denen sich zu dem', nach der Emissions-Hypothese stattfindenden Austausch elektrischer Theilchen auch noch directe Wirkungen der Molecüle ... gesellen."

Das Charakteristische und für die gesammte Molecularphysik so Bedeutsame der Crookes'schen Experimental-Untersuchung besteht gerade darin, dass hierbei die Phänomene der Wechselwirkungen der Körper in molecularer Entfernung übergeführt werden in Wechselwirkungen zwischen Körpern in sichtbaren und daher direct messbaren Abständen.

Nimmt man in Uebereinstimmung mit den Anschauungen Wilhelm Weber's für die beiden elektrischen Materien die atomistische Constitution an, so folgt hieraus unmittelbar, dass die einzelnen elektrischen Atome derselben Gattung von Elektricität oder die mit gleichartiger Elektricität gegeladenen ponderablen Molecüle in senkrechter Richtung zu den Flächenelementen eines Leiters abgestossen werden müssen. Ist daher durch eine hinreichende Verdünnung der Gase jenen elektrischen Molecülen eine freie Beweglichkeit gestattet und wird ihre Attraction an der Oberfläche des Leiters durch eine hinreichende Spannung und Intermittenz der elektrischen Ladung überwunden, so müssen sich jene Molecüle mit ungeheuerer Geschwindigkeit in der Richtung der Normalen zur Körperoberfläche geradlinig durch den Raum bewegen, bis sie auf einen Widerstand treffen.

Ist der Luftraum dagegen nicht hinreichend verdünnt, wie z. B. in den gewöhnlichen Geissler'schen Röhren, so werden die elektrischen Theilchen nur von einem Gasmolecül zum benachbarten übergehen und auf diese Weise den leuchtenden Uebergang von einer Elektrode zur andern durch denselben mechanischen Process bewerkstelligen, wie ihn Wilhelm Weber ausführlich zuerst im Jahre 1863 in seiner Abhandlung „zur Galvanometrie"[1]) und wiederholt im Jahre 1875 [2]) entwickelt und veranschaulicht hat. (Vgl. meine „Wissenschaftlichen Abhandlungen" Bd. I. S. 512 ff.)

[1]) Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Bd. X. p. 91.

[2]) Poggendorff's Annalen Bd. 156, p. 34 ff.

Hr. Crookes beweist den hier erwähnten Unterschied der Bewegung elektrisirter Molecüle von der negativen Elektrode durch eine Anzahl höchst sinnreicher und überraschender Versuche, von denen ich mir erlaube nur den folgenden anzuführen.

In Fig. 2 Taf. III stellen *A* und *B* zwei Glasgefässe dar, von denen das erstere (*A*) bis zu dem gewöhnlichen Grade der Luftverdünnung in Geissler'schen Röhren, das andere (*B*) bis zu dem höchsten, mit der Quecksilberluftpumpe erreichbaren Grade der Verdünnung evacuirt ist. Die negative Elektrode besteht aus einer kleinen Hohlschale von Aluminium (*a* u. *a'*), die positive dagegen ist auf drei Drahtenden an verschiedenen Stellen vertheilt, welche einzeln oder gemeinsam mit dem negativen Drahte des Inductions-Apparates verbunden werden können. In dem Glasgefässe *A* findet alsdann ein leuchtender Uebergang der Elektricität in den auf der Zeichnung angedeuteten Bahnen von einer Elektrode zur andern statt, während in dem Glasgefässe *B*, gleichgültig mit welchem von den drei eingeschmolzenen Drahtstückchen der positive Zuleitungsdraht verbunden wird, der Uebergang der elektrisirten Molecüle bis zur Glaswand stets in geraden Linien, senkrecht zu den Flächenelementen der Hohlschale, stattfindet. Während in dem Gefässe *A* der Uebergang der Elektricität von einem Pole zum andern auf seinem ganzen Wege sichtbar ist, wie in Geissler'schen Röhren, ist dies in dem Gefässe *B* nicht der Fall; man nimmt nur durch das oben erwähnte Auftreten des scharf begrenzten grünen Phosphorescenzlichtes auf der gegenüberliegenden Glaswand diejenige Stelle (*s*) wahr, welche von den anprallenden Molecülen getroffen wird.

Dass sich nun aber wirklich die geradlinig von der Hohlschale ausgesandten Theilchen in einem Focus vereinigen, beweist Hr. Crookes durch folgende Versuche.

Fig. 3 Taf. III stellt ein Glasgefäss dar, bei welchem eine grössere Hohlschale *a* von Aluminium ihre Oeffnung nach oben wendet. Seitlich ist ein Draht mit einer Spitze von Iridio-Platin eingeschmolzen, welche sich möglichst genau im Krümmungsmittelpunkte der Hohlschale befindet. Wird

nun die letztere mit dem negativen Pole eines Inductions-Apparates in Verbindung gesetzt, so beginnt allmählig die Platinspitze mit einem fast kaum erträglichen Glanze zu glühen, bis sie endlich schmilzt. („*The iridio-platinum glows with almost insupportable brillancy, and at last melts.*“ S. 27 a. a. O.)

Da Hr. Crookes gefunden hat, dass die emittirten elektrischen Theilchen durch kräftige Hufeisenmagnete von ihren geradlinigen Bahnen abgelenkt werden können, so ist man im Stande, in dem soeben beschriebenen Versuche durch Annäherung eines Magneten die Lage des Convergenzpunktes zu verändern und hierdurch die Platin-Iridiumspitze aus dem Focus zu bringen. Sobald dies geschieht, hört das Glühen sofort auf.

Eine interessante Modification dieses Versuches ist das folgende Experiment. Fig. 4 Taf. III stellt zwei Skizzen derselben Vacuum-Röhre mit der nach oben gewandten Hohlschale dar.

Im ersten Falle (*a*) bewegen sich die Theilchen geradlinig fort, kreuzen sich in einem Focus *f* und erregen auf der gegenüberliegenden Stelle der Glaswand durch ihren Anprall die mehrfach erwähnte grünliche Phosphorescenz.

Im zweiten Falle (*b*) werden die Bahnen durch einen Magneten seitlich abgelenkt und erwärmen die Stelle der Glaswand, auf welche sie treffen. Man kann diese Erwärmung sofort sichtbar machen, wenn die Röhre vorher mit einer dünnen Wachsschicht überzogen worden ist; dieselbe schmilzt alsdann und schliesslich schmilzt sogar das Glas, so dass durch den äusseren Luftdruck eine Oeffnung entsteht und die umgebende Luft mit heftigem Zischen in's Innere der Röhre dringt. Hr. Crookes hat diesen Versuch mit Hülfe eines elektrisch erleuchteten Projectionsapparates der ganzen Versammlung der englischen Naturforscher zu Sheffield am 22. August dieses Jahres gleichzeitig sichtbar gemacht und dafür die allgemeinste und wärmste Anerkennung der ganzen Versammlung geerntet.

Durch die vorstehenden Versuche von Crookes ist also die Möglichkeit einer Uebertragung von Wärme, d. h. von lebendiger Kraft, durch Emission experimentell für messbare

Abstände der Körper bewiesen. Es ist dieselbe Art von Wärmeverbreitung, welche für moleculare Abstände im Innern oder an der Grenzschicht zweier Körper zuerst Wilhelm Weber[1]) theoretisch begründet, und hierdurch die übereinstimmenden Gesetze der Wärme- und Elektricitätsleitung in metallischen Conductoren abgeleitet hat. Weber unterscheidet demgemäss zweierlei Arten der Uebertragung von lebendiger Kraft oder Wärme zwischen Körpern, jenachdem dieselbe durch Emission mit dem ponderablen Träger oder durch Wellenbewegung ohne denselben stattfindet.

Hr. Crookes zeigt nun ferner durch eine Anzahl von überraschenden Experimenten, dass die von der negativen Elektrode emittirten elektrischen Theilchen auch einen Theil ihrer lebendigen Kraft in Gestalt von translatorischer Bewegung auf andere Körper übertragen können, auf welche sie während ihrer Bewegung treffen. Ich will hier nur kurz die beiden folgenden Versuche erwähnen. Fig. 5 Taf. III stellt ein Glasgefäss dar, welches bis zum höchsten Grad der Verdünnung evacuirt ist. Mit *e* wird die positive Elektrode des Inductionsapparates, mit den beiden Enden des eingeschmolzenen Platindrahtes *d* und *d* die negative Elektrode verbunden. Wie man sieht, ist dieser Apparat, abgesehen von dem bei *e* eingeschmolzenen Drahtstücke, identisch mit dem oben (S. 45) von mir in meiner dritten Abhandlung (März 1877) beschriebenen Apparate (vgl. Taf. II Fig. 3).

Wird der Inductionsapparat in der angegebenen Weise mit diesem Apparate in Verbindung gesetzt, so rotirt das horizontale Kreuz mit den schrägen Glimmerblättchen durch Emission der vom Platindrahte ausgesandten negativ elektrischen Molecüle. Hierauf wiederholt nun Hr. Crookes den oben von mir erwähnten Versuch, indem er den Platindraht durch einen galvanischen Strom zum Glühen bringt und hierdurch eine Rotation des Glimmerkreuzes in demselben

---

[1]) „Ueber die Bewegungen der Elektricität in Körpern von molecularer (atomistischer) Constitution.“ (1875). Poggendorff's Annalen Bd. 156. S. 1 — 61. — Vgl. meine „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie“, Bd. I. S. 237 ff. und S. 268. — „Wissenschaftliche Abhandlungen“ I. S. 653 ff.

Sinne hervorruft.[1]) Ist die Dichtigkeit des im Glase befindlichen Gases eine so grosse, dass die anomale Rotation des Glimmerkreuzes bei galvanischer Erwärmung des Drahtes eintritt, so findet auch dieselbe anomale Rotation statt, wenn man die beiden Enden des Platindrahtes mit dem einen Pol eines Inductionsapparates verbindet, während der andere Pol leitend mit dem Erdboden verbunden ist. Durch diesen Versuch, den ich gegenwärtig angestellt habe, wird meine bereits vor 2 Jahren ausgesprochene Hypothese von der elektrischen Natur der bei den radiometrischen Erscheinungen emittirten Theilchen[2]) bestätigt. Gleichzeitig findet aber auch von diesem Gesichtspunkte aus die von mir entdeckte anomale Rotation bei grösseren Dichtigkeiten des Gases durch die Existenz eines Doppelstromes elektrisch bewegter Gasmolecüle ihre einfache Deutung und zwar nach Analogien der von Faraday,[3]) Armstrong[4]) und Quincke[5]) beobachteten Doppelströmung von festen Theilchen, welche in einer vom elektrischen Strome durchflossenen Flüssigkeit suspendirt sind. Quincke untersuchte mit Hülfe eines Mikroskopes von 30maliger Vergrösserung die Bewegung von Stärkekörnchen in dem Canal einer mit Wasser gefüllten Capillar-

---

[1]) Die Worte, mit welchen Hr. Crookes dieses Experiment beschreibt, sind folgende:

„*I disconnect the induction coil altogether, and connect the two ends of the platinum wire with a small galvanic battery; this makes the ring cc red-hot, and under this influence you see that the vanes spin as fast as they did when the induction coil was at work.*“ (S. 20 a. a. O.)

Ich habe oben S. 46 bewiesen, dass nur eine sehr geringe Temperaturerhöhung des Drahtes durch den galvanischen Strom erforderlich ist, um bei hinreichender Verdünnung die normale Rotation zu erzeugen. Die anormale Rotation, welche, wie ich gezeigt, schon bei verhältnissmässig sehr grossen Dichtigkeiten des Gases beginnt, deutet auf die Existenz von bewegten Theilchen hin, welche sich in entgegengesetzter Richtung derjenigen Theilchen bewegen, die bei hohen Graden der Verdünnung vom erwärmten Drahte ausströmen.

[2]) Vgl. „Ueber die elektrische Emissions-Hypothese“. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. I. S. 651.

[3]) *Exper. res. 1605 u. 1572.*

[4]) *Phil. Mag. III Vol. 23, p. 194* — Pogg. Ann. Bd. 60. S. 354. (1843.)

[5]) Poggendorff's Annalen Bd. 113. S. 569.

löhre, durch welche der Strom einer Elektrisirmaschine geleitet wird. In der Nähe der Röhrenwandung beobachtete nun Quincke bei einer gewissen Stärke des elektrischen Stromes die Existenz einer Doppelströmung und zwar dergestalt, dass die grossen Stärkekörnchen in der Richtung des negativen, die kleinen in der Richtung des positiven Stromes sich bewegen. Quincke sagt a. a. O. wörtlich:

„Hier (in der Nähe der Röhrenwandung) wandern bei einer bestimmten Geschwindigkeit des Drehens oder also einer bestimmten Stromintensität, die kleinen Stärkekügelchen in der Richtung der positiven Elektricität, die grösseren in der Richtung der negativen Elektricität."

Nimmt man daher in den luftverdünnten, aber stets mit Quecksilberdampf erfüllten Räumen der Radiometer ein ähnliches Verhältniss zwischen grossen und kleinen Molecülen an und erwägt, dass bei höherer Dichtigkeit der Dämpfe und Gase die grösseren Molecüle, bei geringerer Dichtigkeit aber die kleineren Molecüle prävaliren,[1]) so würde sich in der That bald die eine oder andere Richtung der stets vorhandenen Doppelströmung von Gasmolecülen, je nach dem Grade der Verdünnung, durch die Rotationsrichtung des Glimmerkreuzes manifestiren. —

Aus dem Vorstehenden geht zur Genüge hervor, dass die Bewegungen elektrisirter Molecüle in luftverdünnten Räumen von sehr complicirter Beschaffenheit sind, deren Charakter sich im Allgemeinen mit der Dichtigkeit des Gases und der sich ausgleichenden Elektricitätsmengen ändert. Da wir die Bewegungen der einzelnen Molecüle nicht selber direct beobachten können, sondern vielmehr auf die Beschaffenheit und Art dieser Bewegungen erst umgekehrt aus allgemeinen Phänomenen beim leuchtenden Uebergang der Elektricität schliessen müssen, so ist klar, dass principiell die elektrischen Erscheinungen in luftverdünnten Räumen unter dem Einflusse magnetischer Kräfte nicht als Kriterien für die Wahrheit der verschiedenen elektrodynamischen Grundgesetze benutzt werden können. Da man eben die einzelnen Molecüle nicht sehen

[1]) Aehnlich wie die Grösse der Wassertheilchen in unserer Atmosphäre mit der Dichtigkeit der Wasserdampfspannung sich verändert. Vgl. Wissenschaftliche Abhandlungen Bd. II. Thl. 2. S. 779. —

kann, so werden die Anhänger der Continuitätstheorie der Materie, wie Helmholtz und Maxwell, jene leuchtenden Phänomene anders erklären als dies die Anhänger der Atomistik mit Wilhelm Weber thun. Ich kann daher nicht der neuerdings von Riecke ausgesprochenen Ansicht beipflichten, „dass durch diese Erscheinungen die Alternative zwischen den beiden Gesetzen (dem Ampère'schen und Helmholtz'schen Potentialgesetze) entschieden wird“.[1]) Ich muss vielmehr in vollem Umfange die Beweiskraft der von mir angestellten Rotationsversuche mit geschlossenen Strömen gegen das Helmholtz'sche Potentialgesetz aufrecht erhalten. Die Widersprüche dieses Gesetzes (nach der von Helmholtz selber gegebenen Interpretation desselben) gegen das allgemein angenommene mechanische Grundgesetz der Gleichheit von Action und Reaction treten besonders deutlich hervor in dem in Fig. 6 Taf. I meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ Bd. II. Thl. 1. dargestellten und S. 36 a. a. O. ausführlich beschriebenen Rotationsversuche. Physikalische Hypothesen über nicht direct wahrnehmbare Molecularvorgänge an den Gleitstellen zu machen, um eine mathematische Formel zu rechtfertigen, ist mathematisch-physikalische Scholastik. Der rationelle Weg zur Erforschung physikalischer Erscheinungen, den Newton zuerst mit Bewusstsein eingeschlagen hat, ist vielmehr der umgekehrte: man wendet die in wahrnehmbaren Abständen der Körper direct beobachteten Gesetze der Wechselwirkung auch zur Erklärung solcher Phänomene an, welche in direct nicht wahrnehmbaren Abständen stattfinden. Dass Hr. Riecke in seiner unten citirten Arbeit bei der versuchten Widerlegung der Beweiskraft meiner Rotationsversuche auf dem ersten Standpunkte steht, beweisen u. A. seine folgenden Worte:

„Grössere Schwierigkeiten bietet für die Erklärung durch das Potentialgesetz der Fall, dass auch der Bogen, durch welchen der Strom dem unteren Ende des Bügels zugeleitet wird, durch einen vollkommen starren Leiter dargestellt wird, also etwa einen dicken horizontalen Kupferring, auf

---

[1]) Ueber das ponderomotorische Elementargesetz der Elektrodynamik von E. Riecke. Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (1879). Bd. 24. S. 49.

welchem das untere Ende des Bügels ohne Reibung gleitet. Zwar wird auch in diesem Falle die bei einer beliebigen Drehung des Bügels geleistete Arbeit gleich sein dem durch die neu eintretenden Stromelemente bedingten Zuwachs des elektrodynamischen Potentials. Aber die mechanische Interpretation dieses Satzes vom Standpunkte der Potentialtheorie aus macht gewisse Annahmen über den Uebergang der Elektricität von dem Kupferringe zu dem Bügel nothwendig, welche einer directen Prüfung sich entziehen, da sie auf die molecularen Verhältnisse an jener Uebergangsstelle Bezug haben.“ (S. 44.)

Da nun selbstverständlich letzteres bei allen Rotationsversuchen der Fall ist, so kann man bei unbeschränkter Freiheit in der Hypothesenbildung alles Mögliche über die „molecularen Verhältnisse an jener Uebergangsschicht“ annehmen und hierdurch mathematische Formeln erklären, während es sich um Erklärung physikalischer Erscheinungen handelt. Uebrigens vermisse ich in der Arbeit von Riecke zur Bestätigung von Weber's Gesetz die Besprechung gerade desjenigen interessanten Versuches, welcher im Laboratorium des Hrn. Helmholtz von Hrn. Rowland angestellt worden ist, bei welchem durch Rotation einer elektrisirten Ebonitscheibe magnetische Wirkungen auf eine Magnetnadel ausgeübt werden. Hr. Helmholtz selber erkennt die Bedeutung dieses Versuches für die Weber'sche Theorie mit folgenden Worten an:

„Was die Bedeutung der Versuche für die Theorie der Elektrodynamik betrifft, so entsprechen sie den Voraussetzungen der Theorie von W. Weber.“

Da diese interessanten Versuche, welche sogar schon zu Lebzeiten des älteren Kohlrausch zum Beweise der Weber-schen Theorie projectirt waren, aber wegen der Unvollkommenheit mechanischer Hülfsmittel damals nicht zur Ausführung kamen, und ausführlich von mir im Zusammenhang mit meinen Rotationsversuchen besprochen worden sind, so war eine Discussion derselben in der Riecke'schen Arbeit um so eher zu erwarten, als von ihm die Plücker'schen Versuche mit Geissler'schen Röhren als entscheidend gegen das Helmholtz'sche Potentialgesetz betrachtet werden. Ohne dieser Behauptung zu widersprechen, erlaube ich mir aber zu bemerken, dass weder für Hrn. Maxwell noch Hrn. Helmholtz jene Versuche Beweiskraft besitzen werden, da Letzterer

sogar die oben erwähnten Versuche Rowland's auch durch „Drehungen der Volumenelemente" auf Grund Maxwell-scher Hypothesen über die Constitution des Aethers nach dem Potentialgesetze für möglich hält.[1]) Aehnliche Betrachtungen würden von jenen Herren offenbar auch zur Erklärung der Vorgänge in Geissler'schen Röhren angewendet werden können.

Uebrigens haben gegenwärtig alle ferneren experimentellen Beweise für die Richtigkeit des Weber'schen Gesetzes an wissenschaftlicher Bedeutung verloren, da Wilhelm Weber sein Gesetz in seinen neuesten Arbeiten[2]) aus viel allgemeineren Principien bewiesen hat. Ebenso wenig wie man nach Entdeckung des geometrischen Beweises für die Richtigkeit des Pythagoräischen Lehrsatzes sich noch ferner mit einem empirischen Beweise dieses Satzes (Wägung von Papierfiguren) wissenschaftlich beschäftigen wird, ebenso wenig wird dies mit den Beweisen für die Richtigkeit des Weber'schen Gesetzes in Zukunft der Fall sein. —

Wilhelm Weber hat nun aber ferner im Jahre 1875 wörtlich die folgende Behauptung ausgesprochen[3]) und durch ausführliche Betrachtungen begründet:

„Die in allen ponderabelen Körpern beweglichen Theile, deren Bewegung Wärme ist, sind identisch mit den in allen ponderabelen Körpern enthaltenen Theile, deren Bewegung Magnetismus ist. Es giebt keine anderen von den ponderabelen unabhängig beweglichen Theile im Innern der Körper als diese, nämlich die elektrischen Theile."

Als Beweis für die bewunderungswürdige Divinationsgabe Kant's auf allen Gebieten der Naturwissenschaft mögen hier seine folgenden, vor 117 Jahren niedergeschriebenen Worte den obigen Wilhelm Weber's gegenüber gestellt werden.[4])

---

[1]) Vgl. „Wissenschaftliche Abhandlungen" Bd. II. Thl. 1. S. 68 u. 87.

[2]) Vgl. W. Weber, Abhandlungen d. K. S. Ges. d. W. 11. März 1878.

[3]) Ueber die Bewegungen der Elektricität in Körpern von molecularer Constitution. Poggendorff's Annalen Bd. 156. p. 1—61. — Vgl. meine „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie." S. 237 ff.

[4]) Kant's Werke (Rosenkranz) Bd. I. S. 140.

„Ueberhaupt scheinen die magnetische Kraft, die Elektricität und die Wärme durch einerlei Mittelmaterie zu geschehen. . . Die negative und positive Wirksamkeit der Materien, vornehmlich bei der Elektricität, verbergen allem Ansehen nach wichtige Einsichten, und eine glücklichere Nachkommenschaft, in deren schöne Tage wir hinaussehen, wird hoffentlich darin allgemeine Gesetze erkennen, was uns für jetzt in einer noch zweideutigen Zusammenstimmung erscheint.“ (1763.)

Nach der von mir, in Uebereinstimmung mit einer früheren Andeutung, Mosotti's zuerst am 12. Februar 1876 der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften[1]) mitgetheilten Hypothese, dass die letzten Elemente *aller* Körper die beiden Arten elektrischer Theilchen seien, und dass die allgemeine Gravitation nichts anderes als eine statische Resultante der elektrischen Fernewirkungen dieser letzten Atome der Körper sei, müssen nothwendig bei fortgesetzter Disgregation, d. h. Verkleinerung und elementaren Auflösung der Molecüle der Körper, die elektrischen Eigenschaften der letzten Theilchen zu Tage treten.

Gesetzt, wir erwärmen von Aussen die Glaswand eines Radiometers an einer bestimmten Stelle, so wird sich im Innern von der erwärmten Stelle aus ein Strom von Molecülen bewegen, von denen die einen mit positiver, die anderen mit negativer Elektricität geladen sind. So lange diese entgegengesetzt elektrisirten Molecüle gleichmässig mit einander vermischt sind, werden ihre elektrischen Eigenschaften sich gegenseitig aufheben und daher nicht zur Erscheinung kommen. Ist es jedoch möglich, durch Einwirkung elektrisirter Körper von Aussen, ähnlich wie bei den Influenzwirkungen, den einen Bestandtheil (z. B. den positiven) des Stromes von Molecülen in seiner Bewegung von der Glaswand zu hemmen, so werden die elektrischen Eigenschaften des anderen, mit der äusseren Elektricitätsquelle gleichnamigen, Bestandtheils unter geeigneten Bedingungen zur Erscheinung kommen können.

[1]) Vgl. Berichte v. 12. Februar 1876 und „Wissenschaftliche Abhandlungen“ Bd. I. S. 417.

Angenommen, es würden im Innern eines solchen Glasgefässes zwei Goldblättchen parallel an einer isolirenden Glasstange aufgehängt. Nachdem das Innere des Gefässes auf den höchsten Grad der Verdünnung ausgepumpt ist, werde nun eine Stelle der Glaswandung in der oben angedeuteten Weise erwärmt. Der von der erwärmten Stelle nach dem Innern ausgehende Strom von Molecülen wird alsdann wie ein Luftstrom die beiden Goldblättchen von der erwärmten Stelle forttreiben. Findet diese Erwärmung jedoch unter gleichzeitiger Annäherung eines elektrisirten Körpers von Aussen statt, so wird derselbe, je nach dem Vorzeichen seiner elektrischen Ladung, die entgegengesetzt elektrisirten Bestandtheile des Molecülstromes gleichsam zurückhalten. Hierdurch wird bewirkt, dass die Goldblättchen nur von elektrischen Theilchen einer Gattung getroffen und hierdurch gleichnamig elektrisirt werden, was man an ihrer gegenseitigen Abstossung erkennen würde. Durch eine allseitige und starke Erwärmung der ganzen Glaskugel könnte diese Ladung wieder durch Berührung mit einer genügenden Quantität von elektrischen Molecülen der entgegengesetzten Gattung aufgehoben werden, was an dem Verschwinden der Divergenz der Goldblättchen erkannt werden würde.

Den soeben erwähnten, und für die elektrische Natur der emittirten Theilchen entscheidenden Versuch hat Herr Crookes vor Kurzem wirklich ausgeführt[1]) und hierdurch den letzten Beweis für die Richtigkeit der von mir aufgestellten elektrischen Emissionshypothese geliefert. Ich erlaube mir die Beschreibung dieses Versuches mit den Worten eines Referenten W. F. in den „Beiblättern zu den Annalen der Physik und Chemie“ (1879. N. 9. S. 712) hier wörtlich mitzutheilen:

„In einer aus englischem Bleiglas geblasenen Hohlkugel ging im Innern von oben eine verticale Glasstange herab, an deren unterem Ende zwei parallele Goldblättchen frei in der Kugel hingen. Die Luft in der letzteren wurde auf mehr als ein Milliontel Atmosphärendruck verdünnt. . . . Ein heisser Gegenstand, dem einen Blättchen von aussen gegenübergestellt, bewirkte Abstossung des Blättchenpaares, die beim Erkalten verschwand,

[1]) *Proceedings of the Royal Society XVIII. p. 347—352 (1879).*

jedoch keine Divergenz. Näherte man jetzt von derselben Seite vorsichtig auch den elektrischen Körper, so erfolgte eine heftige Einwirkung und zwar ein plötzliches, wie durch eine unsichtbare Entladung hervorgebrachtes Divergiren der Blättchen. Die Divergenz blieb nach Wegnahme der Ebonitstange und verschwand nicht wieder beim Erkalten. (In einer bei Seite gestellten derartigen Glaskugel war noch nach einem Zeitraum von mehr als einem Jahre die Divergenz die nämliche.) — Die divergirenden Blättchen wurden jetzt vielmehr als Ganzes abgestossen oder angezogen. Eine starke Erhitzung der ganzen Glaskugel brachte jedoch die Blättchen zum dauernden Zusammenklappen. . . ."

Um schliesslich auch noch zu zeigen, dass wirklich durch Emission elektrisirter Molecüle von der einen Seite der Flächen eines Radiometers ganz dieselben Rotationserscheinungen wie durch Licht erzeugt werden können, hat Herr Professor Crookes auf der englischen Naturforscherversammlung den folgenden Versuch angestellt. Fig. 6 Taf. III zeigt ein Radiometer, dessen Flügel aus Aluminium bestehen, welche einseitig mit Glimmerblättchen beklebt sind, so dass die Emission auf dieser Seite gehemmt ist. Statt der Glaskuppe ist eine harte Stahlkuppe in der Mitte des beweglichen Kreuzes angebracht, welche mit dem negativen Pole eines Inductionsapparates in leitender Verbindung steht, während der positive Pol mit einem oben angebrachten Metallstückchen in Berührung ist. Wie zu erwarten, beginnt das Kreuz durch die Reaction der elektrisch emittirten Molecüle sehr schnell zu rotiren.

Die übrigen Versuche von Crookes über die Einwirkung des Magnetismus auf die emittirten Theilchen übergehe ich hier, weil sie nicht reine und einfache Erscheinungen, sondern Phänomene darstellen, die aus verschiedenen Ursachen entspringen. Wenn nämlich die ausgesandten Theilchen mit Elektricität geladen sind, so müssen sie aus folgenden Ursachen seitlich abgelenkt werden, wenn man der Röhre einen Magneten nähert. Erstens kann der Magnet als metallischer Leiter ablenkend wirken, ähnlich wie man dies bei Geissler-schen Röhren schon durch Annäherung eines Fingers an die Röhrenwandung beobachtet. Zweitens können bei einem so feinvertheilten Zustande bereits die Ampère-Weber'schen Molecularströme, aus welchen nach der elektrodynamischen Theorie der Materie die letzten binär constituirten Elemente

aller Körper bestehen, eine so vollkommene Beweglichkeit besitzen, dass sie unter dem Einflusse des Magneten gerichtet und alsdann angezogen werden. Drittens findet nach dem Weber'schen Grundgesetze auf hinreichend schnell bewegte elektrische Theilchen eine theoretisch bestimmbare Einwirkung statt, die zuvor genauer berechnet werden muss, ehe man sich mit Erfolg auf theoretische Erörterungen der von Hrn. Crookes beobachteten Erscheinungen einlassen kann. Dass aber in der That die Geschwindigkeit der emittirten Theilchen eine ausserordentlich grosse sein muss, geht wohl unzweifelhaft aus der hohen Erwärmung hervor, welche nach den oben (S. 58) mitgetheilten Versuchen diejenigen Körper erleiden, welche durch ihren Widerstand die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung der emittirten Molecüle in Wärme verwandeln. Die stets höhere Temperatur der positiven Elektrode beim elektrischen Flammenbogen zwischen Kohlenspitzen findet hierdurch ihre einfache Erklärung. Hr. Crookes hat schliesslich noch unter der Ueberschrift: „Die Chemie der strahlenden Materie" *(The Chemistry of Radiant Matter)* darauf hingewiesen, dass zwar die physikalischen Eigenschaften der Molecüle aller Körper bei so hohen Graden ihrer Verdünnung im Wesentlichen miteinander übereinstimmen, dass dagegen die chemischen Eigenschaften noch an den Molecülen wenigstens in so weit nachweisbar sind, als die Affinitäten verschiedener Substanzen zu den im Innern der Gefässe vorhandenen Gasen dieselben Unterschiede zeigen, wie unter gewöhnlichen Bedingungen. Hierdurch ist es möglich, auf chemischem Wege die letzten Reste von Gasen zu beseitigen, welche sich durch die Pumpe nicht mehr entfernen lassen. Ob jedoch Hr. Crookes auch ein Mittel besitzt, die Quecksilberdämpfe vollständig aus dem Innern seiner Gefässe zu entfernen, lässt sich aus den mitgetheilten Versuchen nicht entnehmen und dürfte in Ermangelung hierzu geeigneter Stoffe überhaupt zweifelhaft sein. Ehe aber solche Stoffe nicht gefunden sind, müssen alle, auch die relativ vollkommensten, Vacua bei den radiometrischen Apparaten als mit Quecksilberdämpfen erfüllt angesehen werden.

Bei Gelegenheit der obigen Bemerkung von Crookes, dass die wesentlichen chemischen Charaktere der Molecüle selbst bei so hohen Graden der Verdünnung bewahrt bleiben, erlaube ich mir darauf aufmerksam zu machen, dass meine elektrische Cometentheorie, wie ich sie vor 8 Jahren begründet und im 2. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ (Thl. 2) ausführlicher entwickelt habe, vor Kurzem eine unerwartete Bestätigung erhalten hat, durch welche auch an den Molecülen der Cometenschweife noch die chemisch charakteristischen Merkmale, wie sie sich in den relativen Aequivalentgewichten aussprechen, aus den Krümmungen der Schweife abgeleitet werden können. Ich hatte nämlich S. 822 a. a. O. gezeigt, „dass die Elemente der Cometenschweife in grösserem Abstande vom Kerne thatsächlich Massen von der Grösse eines Molecüles derjenigen Stoffe sein müssen, aus denen sie sich durch einen fortgesetzten Verdampfungsprocess entwickelt haben.“ Hr. Dr. Huggins hat nun zuerst auf spektroskopischem Wege gezeigt, dass die Schweife der Cometen Molecüle von Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, eine Thatsache, welche seitdem von zahlreichen andern Beobachtern bestätigt worden ist. Ferner hat die von Schiaparelli entdeckte Uebereinstimmung der Bahnen einiger kleinen Cometen mit den Meteoriten-Schwärmen, welche die Sonne in elliptischen Bahnen umkreisen, meine bereits vor 8 Jahren ausgesprochene Behauptung bestätigt, dass die kleinen Cometen und Sternschnuppen einen gemeinsamen Ursprung haben, nämlich die Trümmer eines grösseren Weltkörpers sind, von denen die festen Bestandtheile, wenn sie in unsere Atmosphäre treten, als Sternschnuppen, die vorwiegend flüssigen Bestandtheile durch ihre Dampfhüllen als Cometen erscheinen. Die Analyse von Meteorsteinen hat nun in der That als vorwiegende Bestandtheile derselben Eisen, Kohlenstoff und Wasserstoff ergeben, so dass die Vermuthung nahe liegt, die Elemente der Cometenschweife bestehen im Wesentlichen aus Wasserstoff-, Kohlenstoff- und Eisen-Molecülen. Die Moleculargewichte dieser drei Stoffe verhalten sich nun nach der Volumtheorie von Berzelius wie 1 : 12 : 56. Repräsentiren

daher diese Zahlen das Maass für die Trägheit jener Molecüle und setzt man für dieselben gleiche elektrische Repulsivkräfte von der Sonne und den Cometenkernen voraus, so müssen die Geschwindigkeiten ihrer Bewegungen in den Werthen von $1 - \mu$ in der Bessel'schen Cometentheorie ihren Ausdruck finden, so dass man durch Vergleichung dieser Werthe das Verhältniss der Trägheit der bewegten Molecüle berechnen kann.

Das Verdienst, auf die soeben erwähnten Beziehungen zuerst hingewiesen zu haben, gebührt Hrn. Professor Bredichin, dem Director der Sternwarte zu Moskau. Derselbe hatte sich bereits früher sehr eingehend mit der Anwendung der Bessel'schen Theorie auf neuere Cometen beschäftigt und für nicht weniger als 22 verschiedene Cometen die Werthe $1 - \mu$ aus den Schweifcurven abgeleitet. Es hatte sich bei dieser Untersuchung das merkwürdige Resultat ergeben, dass die verschiedenen Werthe von $1 - \mu$ nicht willkürlich und gleichmässig zwischen zwei Grenzwerthen vertheilt liegen, sondern dass sie sich eng um drei ganz bestimmte Werthe gruppiren, die einen gewissen Typus eines Cometenschweifes charakterisiren. Für den Typus I findet Bredichin für $1 - \mu$ den Werth 11, für Typus II den Werth 1.3 und endlich für Typus III den Werth 0.2. Nach diesen einleitenden Bemerkungen werde ich mir erlauben, einige Stellen der in französischer Sprache abgefassten Abhandlung Bredichin's zu übersetzen. Dieselbe befindet sich in dem 5. Bande der Annalen der Sternwarte zu Moskau (2. Lieferung) und ist datirt vom 13. April 1879. Der Titel lautet: „Ueber die wahrscheinliche Constitution der Cometenschweife, von Th. Bredichin.“ Nach einer kurzen Recapitulation seiner oben erwähnten Untersuchungen über die Werthe von $1 - \mu$ bei verschiedenen Cometen bemerkt der Verfasser S. 135 a. a. O.:

„In meinen Rechnungen habe ich alle Betrachtungen über die physische Ursache des Phänomens bei Seite gelassen und habe die Frage von einem rein mechanischen Gesichtspunkte aus discutirt, indem ich nur annahm, dass eine repulsive Kraft von der Sonne ausgeht und dass ihre Intensität umgekehrt proportional den Quadraten der Ent-

fernung von diesem Gestirn sei. Kaum hatte ich meine Arbeit beendet, als ich aufmerksam die interessanten Untersuchungen Zöllner's las, welche sich mit der elektrischen Wirkung der Sonne auf die Schweiftheilchen beschäftigen. (Astr. Nachr. Bd. 87. No. 2082—2086.)"

„In seinen Untersuchungen gibt Zöllner unter Anderem Ausdrücke für die gegenseitige Abhängigkeit der fünf folgenden Quantitäten: die elektrische Dichtigkeit an der Sonnenoberfläche (Δ), die elektrische Dichtigkeit eines Schweiftheilchens (δ), den Halbmesser dieses Theilchens (r), dessen specifisches Gewicht (σ) und die Repulsivkraft $1-\mu$. Die Beziehung zwischen diesen Werthen wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\delta . \Delta = 7276\, r . (1-\mu)\, \sigma.$$

„Für dieselben Werthe von $\delta . \Delta$ aber für Theilchen von einer anderen ponderabeln Dichtigkeit σ' hat man den Werth $1-\mu'$ und der vorstehende Ausdruck verwandelt sich in den folgenden:

$$\delta . \Delta = 7276\, r . (1-\mu')\, \sigma'.$$

Durch Division beider Gleichungen erhält man:

$$\frac{1-\mu}{1-\mu'} = \frac{\sigma'}{\sigma}$$

d. h. die Repulsivkräfte der Sonne sind umgekehrt proportional den specifischen Gewichten der Schweiftheilchen. . . ."

„Die Spectraluntersuchungen zeigen uns in den von den Cometen emittirten Stoffen die Gegenwart von Wasserstoff und Kohle und die Zusammensetzung der Meteore erlaubt uns das Eisen als eins der hauptsächlichen Elemente der Cometen zu betrachten. Dieser Umstand war es, durch welchen ich auf den Gedanken kam,[1]) die Tabelle der Atomgewichte der einfachen Körper zu Rathe zu ziehen. In dieser Tabelle finden sich für Wasserstoff, Kohle und Eisen die folgenden Zahlen: $H = 1$. $C = 12$. $Fe = 56$."

[1]) Die Worte Bredichin's lauten: „*Est c'est pourquoi il m'est venu l'idée de consulter le tableau des poids atomiques des corps simples*".

„Mit Hülfe der oben mitgetheilten Werthe für die drei Typen von $1 - \mu$ erhält man folgende Verhältnisse:

$$\text{Typ. III} : \text{Typ. I} = 0.02$$
$$\text{Typ. II} : \text{Typ. I} = 0.12.$$

Die Verhältnisse der Atomgewichte sind:

$$H : Fe = 0.02$$
$$H : C = 0.08.$$

Die Aehnlichkeit dieser Verhältnisse ist sehr bemerkenswerth und mässige Variationen in den Werthen von $1 - \mu$, ohne die Grenzen der wahrscheinlichen Fehler zu überschreiten, genügen, um die obigen Verhältnisse vollständig identisch zu machen. In der That, wenn man annimmt:

Typus I	= 12	beobachtet	=	11
Typus II	= 1	„	=	1.3
Typus III	= 0.2	„	=	0.2

so erhält man die Verhältnisse der Repulsivkräfte (d. h. der durch sie erzeugten und beobachteten Geschwindigkeiten) genau umgekehrt proportional den Atomgewichten der Elemente Wasserstoff, Kohlenstoff und Eisen.“

„Wenn diese Uebereinstimmung nicht eine Wirkung des Zufalles ist, — und ein solcher Zufall würde unter allen Umständen sehr merkwürdig sein — so kann man hieraus mit einer grossen Wahrscheinlichkeit den Schluss ziehen, dass die Schweife der drei Typen beziehungsweise aus Wasserstoff-, Kohlenstoff- und Eisenmolecülen bestehen.“

„Falls die Molecüle dieser drei Stoffe nicht dieselbe Zahl von Atomen enthalten, ist die Annahme gestattet, dass Wasserstoff, Kohlenstoff und Eisen sich in den Cometenschweifen im Zustande der Dissociation befinden. Es lässt sich nämlich aus einer solchen mehr oder weniger grossen Disgregation oder Dissociation die etwas anomale Gestalt der Schweifränder eines gegebenen Typus erklären.[1]) Die

---

[1]) Ich habe diese Erklärung ausführlich auf die Stratification und colonnenartige Structur des Donatischen Cometenschweifes angewandt. Vgl. „Wissenschaftliche Abhandlungen“ Bd. II. Thl. 2. S. 823.

etwas anomale Abweichung des Schweifes im Verhältniss zum Radiusvector könnte die Wirkung der nämlichen Ursache sein."

„Der anomale Schweif endlich könnte als aus Theilchen oder Körnern bestehend gedacht werden, welche sich in Molecüle getheilt haben, bei welchen die elektrische Repulsion der Sonne unmerklich im Verhältniss zur ponderabeln Masse der Theilchen ist."

„Ich füge noch hinzu, dass ich für die Anfangsgeschwindigkeiten der emittirten Molecüle folgende Zahlen erhalten habe . . . in Metern ausgedrückt und auf die Secunde als Zeiteinheit bezogen:

Typus I	4500	Meter
Typus II	900	„
Typus III	300	„

„Man sieht, dass diese Geschwindigkeiten von der Ordnung der Moleculargeschwindigkeiten der Gase sind[1]); sie sind nur grösser als letztere und ihre Vergrösserung mit der Verminderung des Atomgewichtes wächst schneller. Dies musste aber erwartet werden, denn bei den Cometen addirt sich zur Energie der Molecüle noch die elektrische Energie, welche sich in der vom Kerne ausgeübten Repulsion und der wechselseitigen Repulsion der Molecüle manifestirt. . . ."

Nach dieser Abschweifung über die Anwendung der elektrischen Emissionstheorie auf kosmische Phänomene kehre ich wieder zu den Versuchen des Herrn Crookes zurück. Es wurde bereits des grünlich-gelben Phosphorescenzlichtes gedacht, welches bei den höchsten Graden der Luftverdünnung diejenigen Stellen der Glaswandungen zeigen, welche von den geradlinig emittirten elektrisirten Molecülen der negativen Elektrode getroffen werden. Die Sichtbarkeit dieser Stellen von allen Seiten beweist, dass dieselben aus Strahlungsmittelpunkten bestehen, welche lebendige Kraft in Gestalt von Lichtwellen und höchstwahrscheinlich auch von radial emittirten elektri-

---

[1]) Meyer, Kinetische Theorie der Gase p. 45.

schen Theilchen aussenden. Bezeichnet man daher mit Wilh. Weber eine Reihe gleichartiger, nach derselben Richtung sich bewegender elektrischer Theilchen als einen „elektrischen Strahl", so beweist die erwähnte Phosphorescenz an den getroffenen Stellen der Glaswand die Existenz einer „Reflexion und Zerstreuung elektrischer Strahlen". Hr. Crookes hat gezeigt, dass die Stärke dieser Reflexion von der Beschaffenheit der Substanz abhängt, auf welche solche elektrische Strahlen treffen. Ein Diamant zeigte, in passender Weise im Innern eines solchen bis zum höchsten Grade der Verdünnung ausgepumpten Gefässes befestigt, eine überaus glänzende Strahlung nach allen Richtungen, ebenso Rubinen und andere Edelsteine.[1]) Hr. Crookes hält zur Erklärung aller der von ihm beobachteten Phänomene die Annahme eines vierten Aggregatzustandes der Materie (*fourth state of matter*) für erforderlich. Ich erlaube mir nun zu bemerken, dass Wilhelm Weber in einer im vorigen Jahre (1878) der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften am 10. März übergebenen Abhandlung die Existenz einer solchen „Reflexion und Zerstreuung elektrischer Strahlen" lediglich als Consequenzen aus seinem Grundgesetz der elektrischen Wechselwirkung theoretisch abgeleitet hat. Da demgemäss die später, ganz unabhängig von dieser Theorie Weber's, angestellten Versuche von Crookes eine neue und ganz unerwartete Bestätigung der fundamentalen Bedeutung des Weber'schen Gesetzes im Gebiete physischer Wechselwirkungen materieller Körper liefern, so erlaube ich mir hier wörtlich die betreffenden Abschnitte aus der im vorigen Jahre veröffentlichten und bei S. Hirzel erschienenen Arbeit Wilhelm Weber's zu reproduciren. ε und ε_1 bedeuten stets die trägen Massen und e und e_1 die damit verbundenen elektrischen Kräfte der beiden Gattungen von Elektricitäts-Theilchen.

„Elektrische Strahlung, insbesondere Reflexion und Zerstreuung der Strahlen."

„Die Bewegungen zweier blos durch Wechselwirkung getriebenen elektrischen Theilchen, die sich in Bewegung

[1]) Taf. III Fig. 7 zeigt den von Hrn. Crookes für Rubinen angewandten Apparat.

gegen einander sowohl in der sie verbindenden Geraden, als auch senkrecht darauf befinden, sind in den Elektrodyn. Maasbest. B. X dieser Abhandlungen betrachtet und zu ihrer Bestimmung folgende Gleichungen gefunden worden:

$$\frac{uu}{cc} = \frac{r - r_0}{r - \varrho}\left(\frac{\varrho}{r_0} + \frac{r + r_0}{r} \cdot \frac{\alpha_0 \alpha_0}{cc}\right), \quad (1.)$$

$$r\alpha = r_0 \alpha_0, \quad (2.)$$

wo r die Entfernung beider Theilchen von einander, und u und α ihre relativen Geschwindigkeiten in der Richtung von r und senkrecht darauf bezeichnen; ferner bezeichnet r_0 den Werth von r, für welchen $u = 0$ ist, α_0 den Werth von α, für welchen $r = r_0$ ist, endlich ϱ die von der Natur und den Massen ε und ε' der beiden Theilchen e und e' abhängende Constante

$$\varrho = 2\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{\varepsilon\varepsilon'} \cdot \frac{ee'}{cc},$$

wo ϱ positiv oder negativ ist wie das Product ee'. — Soll ϱ die Bedeutung einer Entfernung beider Theilchen von einander haben, die nur positiv sein kann, wie r und r_0, so ist

$$\varrho = \pm 2\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{\varepsilon\varepsilon'} \cdot \frac{ee'}{cc}$$

zu setzen, wo das obere oder untere Vorzeichen gilt, je nachdem das Product ee' positiv oder negativ ist. Für Gleichung (1.) ist dann zu setzen

$$\frac{uu}{cc} = \frac{r - r_0}{r \mp \varrho}\left(\frac{r + r_0}{r} \cdot \frac{\alpha_0 \alpha_0}{cc} \pm \frac{\varrho}{r_0}\right),$$

mit derselben Bestimmung der Vorzeichen. — Da im Folgenden nur gleichartige elektrische Theilchen betrachtet werden sollen, so werden stets die oberen Vorzeichen gelten. — Die Gleichung $r\alpha = r_0\alpha_0$ ergibt $\alpha = 0$ für $r = \infty$, bei gegebenen endlichen Werthen von r_0 und α_0, womit die Existenz einer geradlinigen Asymptote, mit welcher die Bahn im Unendlichen zusammenfällt, verbunden ist."

„Es soll nun der Fall betrachtet werden, dass zwei gleiche elektrische Theilchen e und e' aus grosser Entfernung sich einander mit grosser, aber in Folge wechselseitiger Abstossung abnehmender, Geschwindigkeit u nähern, deren grösster Werth, nämlich für $r = \infty$, mit u_0 bezeichnet werden soll. Der

Einfachheit halber soll bei dieser relativen Bewegung e als ruhend betrachtet werden. In derselben Bahn und relativ gegen e mit gleicher Geschwindigkeit soll dem Theilchen e' eine Reihe gleicher Theilchen e'', e''' .... folgen, in solchen Intervallen, dass die wechselseitigen Störungen derselben nicht berücksichtigt zu werden brauchen."

„Aus dem oben angeführten Gesetzte Gleichung (1.) ergiebt sich der für $r = \infty$ geltende Werth von u, nämlich

$$u_0 = c\sqrt{\left(\frac{\alpha_0\,\alpha_0}{c\,c} + \frac{\varrho}{r_0}\right)}. \tag{3.}$$

Da nun ϱ für gleiche Theilchen gleich ist, und auch u_0 als gleich angenommen worden ist, so kann eine Verschiedenheit nur noch in Beziehung auf den Werth von r_0 und den daraus nach Gleichung (3.) sich ergebenden Werth von α_0 stattfinden."

„Das System aller dieser Theilchen heisse ein elektrischer Strahl, und die Asymptote, in der sich die Theilchen befinden, wenn sie sehr weit von e entfernt sind, diene zur Bestimmung der Richtung des Strahls."

„Wäre für alle Theilchen $r_0 = \varrho \frac{cc}{u_0^2}$, woraus $\alpha_0 = 0$ folgt e so würden sie alle sich in derselben Geraden fortbewegen bis zur Entfernung r_0, worauf sie alle wieder in derselben Geraden rückwärts gehen würden. Ist α_0 aber von Null verschieden, und zwar, zugleich mit r_0, verschieden für alle Theilchen e', e''.., für welche u_0 gleich ist, für alle aber sehr klein; so wird jedes Theilchen, wenn r sich dem Werthe r_0 nähert, von jener Asymptote abweichen. Der Winkel, welchen dann die Gerade, z. B. $e'e$, in Folge dieser Abweichung, mit der Richtung des Strahls bildet, werde mit φ bezeichnet, und es sei $\varphi = \varphi_0$, wenn die abnehmende Entfernung $e'e = r_0$ geworden ist, wo nämlich die Geschwindigkeit in der Richtung $e'e, = 0$, in der Richtung senkrecht darauf, $= \alpha_0$ ist."

„Von dem Augenblicke an, wo $r = r_0$ geworden, entfernen sich die beiden Theilchen e und e' wieder von einander, und ihre Verbindungslinie nähert sich einer andern Geraden, die mit der Richtung, welche ee' besass, als es $= r_0$ geworden, ebenfalls einen Winkel $= \varphi_0$ bildet und mit der Rich-

tung des ursprünglichen Strahls den Winkel $= 2\,\varphi_0$, welcher der Reflexionswinkel heissen soll. Dieser Reflexionswinkel ist nun aber für die verschiedenen Theilchenpaare ee', ee'' ..., welche zu demselben Strahl gehören, sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Werthe von α_0 oder $\frac{r_0}{\varrho}$, woraus sich ergiebt, dass ein solcher reflectirter Strahl zugleich auch zerstreut wird. Diese Zerstreuung elektrischer Strahlen soll nun nach obigen Gesetzen näher bestimmt werden."

„Zunächst ergiebt sich aus obigem Gesetze (2.) das Wachsthum des mit φ bezeichneten Winkels, nämlich

$$d\varphi = \frac{\alpha\,dt}{r} = \frac{\alpha_0 r_0}{rr}\,dt. \qquad (4.)$$

Substituirt man ferner in Gleichung (1.) den aus Gleichung (3.) sich ergebenden Werth von $\alpha_0{}^2 = u_0{}^2 - \frac{\varrho}{r_0}c^2$, so erhält man

$$\frac{u^2}{c^2} = \frac{dr^2}{c^2\,dt^2} = \frac{r - r_0}{r - \varrho}\left(\frac{r + r_0}{r} \cdot \frac{u_0{}^2}{c^2} - \frac{\varrho}{r}\right), \qquad (5.)$$

folglich, wenn r bei wachsendem t abnimmt,

$$dt = -dr\sqrt{\frac{r(r-\varrho)}{(r-r_0)\,[u_0{}^2(r+r_0) - \varrho c^2]}}. \qquad (6.)$$

Hieraus folgt:

$$d\varphi = \frac{\alpha_0 r_0}{rr}\,dt = -\frac{\alpha_0 r_0}{u_0} \cdot \frac{dr\sqrt{(rr - r\varrho)}}{rr\sqrt{\left(rr - \frac{c^2}{u_0{}^2}\varrho r\right) - \left(r_0 r_0 - \frac{c^2}{u_0{}^2}\varrho r_0\right)}},$$

oder, wenn $\frac{1}{r} = s$ gesetzt wird,

$$d\varphi = +\frac{\alpha_0 r_0}{u_0} \cdot ds\sqrt{\frac{(1 - \varrho s)}{1 - \frac{c^2}{u_0{}^2}\varrho s - \left(r_0 r_0 - \frac{c^2}{u_0{}^2}\varrho r_0\right)s^2}}, \qquad (7.)$$

woraus man sieht, dass φ durch elliptische Functionen dargestellt werden kann."

„Beschränkt man sich nun aber auf diejenigen Fälle, wo der Werth von $\alpha_0{}^2 = u_0{}^2 - \frac{\varrho}{r_0}c^2$, und demnach auch der Werth von $\left(r_0 r_0 - \frac{c^2}{u_0{}^2}\varrho r_0\right)s^2$, entweder ganz verschwindet oder doch sehr klein ist, so reducirt sich obige Gleichung im ersteren Falle auf

$$d\varphi = +\frac{\alpha_0 r_0}{u_0} \cdot ds\sqrt{\frac{1 - \varrho s}{1 - r_0 s}}; \qquad (8.)$$

im letztern Falle, wo α_0 sehr klein sein soll, jedoch ohne ganz zu verschwinden, werde $r_0 \frac{\alpha_0^2}{u_0^2} = r_0 - \frac{c^2}{u_0^2}\varrho = \beta$ gesetzt und β so klein angenommen, dass in Gleichung (7.), welche durch Einführung von β in

$$d\varphi = \frac{\alpha_0 r_0}{u_0} \cdot ds \sqrt{\frac{(1-\varrho s)}{(1-r_0 s)(1+\beta s)}}$$

übergeht, $(1 - \frac{1}{2}\beta s)$ für den Factor $\sqrt{\frac{1}{1+\beta s}}$ gesetzt werden kann, wodurch für (7.) folgende Gleichung erhalten wird:

$$d\varphi = \frac{\alpha_0 r_0}{u_0} \cdot (1 - \tfrac{1}{2}\beta s)\, ds \sqrt{\frac{1-\varrho s}{1-r_0 s}}, \qquad (9.)$$

woraus sich ergiebt, wenn $S = 1 - (\varrho + r_0)\, s + \varrho r_0 s^2$ gesetzt wird,

$$\int d\varphi = \frac{\alpha_0 r_0}{u_0}\left[\int \frac{ds}{\sqrt{S}} - (\tfrac{1}{2}\beta + \varrho)\int \frac{s\, ds}{\sqrt{S}} + \tfrac{1}{2}\beta\varrho \int \frac{s^2\, ds}{\sqrt{S}}\right].$$

Setzt man $b = -(\varrho + r_0)$ und $c = \varrho r_0$, so erhält man durch Ausführung der Integration[1]):

$$\frac{u_0}{\alpha_0 r_0}\int d\varphi = \left[1 + \frac{b}{4c}(\beta + 2\varrho) + \frac{\beta\varrho}{4c}\left(\frac{3b^2}{4c} - 1\right)\right]\frac{1}{\sqrt{c}} \cdot \log\left(\sqrt{S} + s\sqrt{c}\right.$$
$$\left. + \frac{b}{2\sqrt{c}}\right) - \frac{1}{c}\left[\varrho + \frac{\beta}{2}\left(1 + \frac{3b}{4c}\varrho\right) - \frac{\beta\varrho}{4}s\right]\sqrt{S},$$

woraus, wenn man $m = \frac{\varrho}{r_0}$, $n = \frac{c}{u_0}$, folglich nach Gleichung (3.) $\frac{\alpha_0}{u_0} = \sqrt{(1 - mn^2)}$ setzt, erhalten wird:

$$\varphi_0 = \int_{s=0}^{s=\frac{1}{r_0}} d\varphi = \sqrt{(1-mn^2)} \cdot \left[\frac{1-m}{2}\left(1 - \frac{1+3m}{8m}(1-mn^2)\right)\right.$$
$$\left.\sqrt{\frac{1}{m}} \cdot \log\frac{1+\sqrt{m}}{1-\sqrt{m}} + 1 + \frac{1-3m}{8m}(1-mn^2)\right]. \qquad (10.)$$

---

[1]) Nämlich:

$$\int \frac{ds}{\sqrt{S}} = \frac{1}{\sqrt{c}} \cdot \log\left(\sqrt{S} + s\sqrt{c} + \frac{b}{2\sqrt{c}}\right),$$

$$\int \frac{s\, ds}{\sqrt{S}} = -\frac{b}{2c\sqrt{c}}\log\left(\sqrt{S} + s\sqrt{c} + \frac{b}{2\sqrt{c}}\right) + \frac{\sqrt{S}}{c},$$

$$\int \frac{s^2\, ds}{\sqrt{S}} = \frac{3b^2 - 4c}{8c^2\sqrt{c}}\log\left(\sqrt{S} + s\sqrt{c} + \frac{b}{2\sqrt{c}}\right) + \frac{1}{2c}\left(s - \frac{3b}{2c}\right)\sqrt{S}.$$

„Hiernach ist folgende Tafel der Werthe von φ_0, für verschiedene Werthe von m und n, berechnet worden:

	$n = 1$	$n = 2$
$m = 1$	0	
$\frac{1}{2}$	0,9658	
$\frac{1}{3}$	1,1269	
$\frac{1}{4}$	1,1479	0
$\frac{1}{5}$	1,2272	0,7776
$\frac{1}{6}$	1,2486	0,9688
$\frac{1}{7}$	1,2629	1,0690
$\frac{1}{8}$	1,2732	1,1302
0	1,2500	1,2500

„Es ergiebt sich hieraus für alle Theilchen e', e'' . . . eines elektrischen Strahls, welche sich dem Theilchen e aus grosser Entfernung mit der Geschwindigkeit u_0 nähern, dass sie, wenn sie bis zur Entfernung r_0 gelangt sind, umkehren und sich von e wieder entfernen, mit einer Geschwindigkeit, die in grosser Entfernung bis u_0 wieder wächst; dass aber die beiden Richtungen, in welchen beide Theilchen mit der Geschwindigkeit u_0 sich erst näherten und dann entfernten, einen Winkel $2\varphi_0$ mit einander bilden, der für die verschiedenen Paare nach Verschiedenheit des Werths von r_0 sehr verschieden ist.“

„Die Verschiedenheit des Winkels $2\varphi_0$, welcher der Reflexionswinkel genannt worden ist, für die verschiedenen Theilchenpaare nach Verschiedenheit des Werths von r_0, bildet das mit dem Namen der Zerstreuung elektrischer Strahlen durch Reflexion bezeichnete Faktum, und das gefundene Gesetz der Abhängigkeit des Reflexionswinkels $2\varphi_0$ von m und n giebt von dieser Zerstreuung genaue Bestimmung, wenn man beachtet, dass n für alle Theilchen eines und desselhen Strahls denselben von u_0, nach der Gleichung $n = \frac{c}{u_0}$, abhängigen Werth besitzt; ferner dass m für jedes Theilchenpaar durch die 3 Gleichungen $m = \frac{\varrho}{r_0}$, $\alpha_0^2 = u_0^2 - \frac{\varrho}{r_0} c^2$ und $\alpha_0 r_0 = \alpha r$, nach Elimination von r_0 und α_0, aus der relativen Geschwindigkeit α beider Theilchen in der Richtung senkrecht

auf ihre Verbindungslinie, für jede beliebige Entfernung r bestimmt werden kann, nämlich durch die Gleichung:

$$m^2 + \frac{\varrho^2 c^2}{r^2 \alpha^2} m = \frac{\varrho^2 u_0^2}{r^2 \alpha^2}.$$

„Anwendung der Theorie der Zurückwerfung und Zerstreuung elektrischer Strahlen auf Lichtäther und Gase nach der Krönig-Clausius'schen Theorie der molecularen Stösse."

„Die Zurückwerfung und Zerstreuung elektrischer Strahlen, welche aus elektrisch gleichartigen Theilchenpaaren bestehen, die im leeren Raume mit gleicher Wurfgeschwindigkeit sich nähern oder entfernen, führt zu einem ähnlichen Aggregatzustand des ganzen Systems solcher im leeren Raume befindlichen Theilchen, als in der Gastheorie nach Krönig und Clausius den Gasen zugeschrieben wird, blos mit dem Unterschiede, dass die in Wurfbewegung befindlichen Theilchen der Gase ponderabele Theilchen sind, während jene elektrischen Theilchen als imponderabel bezeichnet zu werden pflegen, weil die Geltung des allgemeinen Gravitationsgesetzes von ihnen bisher wenigstens nicht bewiesen ist. Nur nach Mosotti's Gravitationstheorie (siehe Zöllner, Wissenschaftliche Abhandlungen. Erster Band. Nr. 2. Leipzig 1878), wonach alle Gravitationskräfte aus elektrischen Abstossungs- und Anziehungskräften resultiren, würden alle Wechselwirkungen, ponderabeler sowohl als elektrischer Theilchen, unter gemeinsame Bestimmungen gefasst werden, indem jedes ponderabele Theilchen hienach ein elektrisches Doppeltheilchen (gleich einem Doppelsterne) wäre, nämlich ein positiv und ein negativ elektrisches Theilchen, die sich um einander drehten."

„Nach dieser Mosotti'schen Vorstellung ponderabeler Theilchen ergiebt sich von selbst, dass, wenn diese Theilchen sich im leeren Raum in Wurfbewegung befinden, wie nach der Krönig-Clausius'schen Gastheorie bei den Gasen angenommen wird, so würden aus den Gesetzen der elektrischen Wechselwirkung für diese im leeren Raum in Wurfbewegung befindlichen ponderabelen Theilchen ähnliche Zurückwerfungs- und Zerstreuungsgesetze sich ergeben, als im vorigen Artikel

für gleichartige elektrische in Wurfbewegung befindliche Theilchen gefunden worden sind, wie leicht erkannt wird, wenn man beachtet, dass jene Gesetze vorzugsweise für Paare von gleichartigen Theilchen gelten, die sich bei ihrer relativen Wurfbewegung bis auf eine Entfernung r_0 nähern, die ϱ zur unteren Grenze hat. Denn zwei ponderabele Molecüle enthalten zwei Paare gleichartig elektrischer Theilchen, und für jedes dieser beiden Paare giebt es eine Entfernung ϱ, bis zu welcher die Theilchen des Paares nicht gelangen können, weil ihre Abstossungskraft unendlich werden würde, was nur dadurch verhindert wird, dass die beiden Theilchen durch die immer schneller wachsende Abstossungskraft zum Stillstand gebracht werden, und zwar bevor sie zur Entfernung ϱ gelangen, worauf sie durch die in Folge ihrer Wechselwirkung fortdauernde Abstossungskraft sich wieder ebenso von einander entfernen, als sie sich vorher genähert hatten."

„Es lassen sich hienach die im vorigen Artikel gefundenen Gesetze der Zurückwerfung und Zerstreuung für Strahlen gleichartig elektrischer Theilchen auch auf Strahlen ponderabeler, nach Mosotti's Vorstellung zusammengesetzter, Molecüle übertragen. Und sind nun diese ponderabeln Molecüle Gasmolecüle, so wird dadurch ein Aggregatzustand des Gases gebildet, welcher dem nach der Krönig-Clausius'schen Theorie den Gasen zugeschriebenen Aggregatzustande ganz entspricht, ohne dass es nöthig wäre, diesen ponderabeln Gasmolecülen mit Krönig eine besondere Form und Elasticität, oder mit Clausius und Maxwell besondere, einer höheren Potenz der Entfernung umgekehrt proportionale, Abstossungskräfte zuzuschreiben."

„Giebt es aber einen Raum, z. B. den Weltraum, worin keine ponderabeln Molecüle sich befinden, so leuchtet doch die Möglichkeit ein, dass sich in diesem Raume die Theilchen eines der beiden Bestandtheile dieser ponderabeln Molecüle, d. h. entweder die positiv oder die negativ elektrischen Theilchen, befinden, die in Wurfbewegung ebenfalls einen Körper von besonderem Aggregatzustand bilden würden, der aber, weil er nur aus gleichartig elektrischen Theilchen bestände, nicht als ponderabeler Körper bezeichnet werden dürfte, sondern

als imponderabeler Aether, für den aber ebenfalls die von Maxwell (Philos. Transact. 1867) für dynamische Medien entwickelten Bewegungsgesetze, namentlich die mit den Verbreitungsgesetzen der Lichtwellen übereinstimmenden Gesetze der Wellenverbreitung gelten würden. Eine solche Vorstellung von einem Raum erfüllenden Medium, bestehend aus wechselseitig sich abstossenden Theilchen, scheint ohne feste Raumbegrenzung nur unter Voraussetzung einer ganz unbegrenzten Erstreckung ins Unendliche möglich zu sein; jedoch scheint eine Beschränkung eines solchen Mediums auf einen endlichen Raum ohne feste Begrenzung nach Mosotti dadurch ermöglicht, dass dieses Medium einen Mosotti'schen ponderabeln Körper umgäbe, welcher auf dasselbe anziehend wirken, und es dadurch zusammenhalten würde." — (W. Weber, März 1878.)

Hr. Crookes hat verschiedene Mineralien den von der negativen Elektrode ausgeschleuderten elektrischen Molecülen ausgesetzt, und gefunden, dass das Reflexionsvermögen für diese „elektrischen Strahlen" bei verschiedenen Stoffen ein verschiedenes ist. Ein Diamant wurde in passender Weise in einer Vacuumröhre eingeschlossen und beim höchsten Grade der Verdünnung „dem Bombardement der Molecüle" unterworfen. Hr. Crookes fand, dass „der Diamant mit ebenso starkem Glanze wie ein Kerzenlicht in einem hellgrünen Phosphorescenzlicht leuchtet". (S. 89. a. a. O.)

Nächst dem Diamant zeigt der Rubin eine bemerkenswerthe Phosphorescenz von rother Farbe. Bei dieser Gelegenheit macht Hr. Crookes auf eine vor 20 Jahren von E. Becquerel in den *Annales de Chimie et Physique 3. Ser. Vol. 57. p. 50.* (1859) veröffentlichte Arbeit über Phosphorescenz aufmerksam. Das Spectrum des rothen Phosphorescenzlichtes der gebrannten Thonerde, mit welcher der Rubin chemisch identisch ist, stimmt bei Becquerel und Crookes überein. Ersterer hatte hierbei in seinem Phosphoroskop die gebrannte Thonerde dem Einfluss intermittirender Lichtstrahlen (Sonnen- oder elektrisches Licht) ausgesetzt, Letzterer dem Einfluss des „Bombardements elektrischer Molecüle" in seinen Vacuumröhren. (Vgl. Fig. 7. Taf. III.) Die durch so verschiedene Ursachen in beiden Fällen erzeugte gleiche Wir-

kung lässt auf die Identität irgend eines Factors in den Molecularbewegungen des Lichtes und der elektrischen Emission schliessen.

Bereits im ersten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ S. 516 ff. habe ich auf die in neuerer Zeit fortdauernd wachsende Zahl noch anderer neuen Beziehungen des Lichtes zur Elektricität hingewiesen. Es waren besonders die theoretischen Untersuchungen von Carl Neumann,[1]) Riemann,[2]) Lorenz,[3]) Maxwell[4]) und die empirischen Resultate von Ludwig Boltzmann[5]) und John Kerr,[6]) welche die Identität derjenigen Kräfte, durch welche die Molecüle des sogenannten Lichtäthers auf einander wirkten, mit den elektrischen Kräften zu einer immer grösseren Evidenz erhoben. Hr. Kerr hatte u. A. gezeigt, dass es ihm gelungen sei, durch Anwendung statisch-elektrischer Kräfte in Glas, Schwefelkohlenstoff und mehreren andern dielektrischen Substanzen die optische Eigenschaft der Doppelbrechung hervorzurufen. Hr. Kerr hat diese Untersuchungen mit theilweise verbesserten Apparaten fortgesetzt und vor Kurzem seine Resultate veröffentlicht. Es sind nicht weniger als 26 durchsichtige Isolatoren (Dielektrica) untersucht worden und dieselben durch den Einfluss der statischen Elektricität in doppeltbrechende Medien verwandelt worden. Im Hinblick auf alle diese Thatsachen ist es von Interesse, die bereits im Jahre 1846 von Wilhelm Weber über die elektrische Natur des sogenannten Lichtäthers ausgesprochenen Ansichten kennen zu lernen, welche ich mir im Folgenden wörtlich aus dem ersten Bande der Abhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu reproduciren erlaube. —

---

[1]) Pogg. Ann. Ergänzungsband 2. S. 425 (1856).

[2]) Pogg. Ann. Bd. 131 p. 237 (1858).

[3]) Pogg. Ann. Bd. 131 S. 243 ff. „Ueber die Identität der Schwingungen des Lichtes mit den elektrischen Strömen“ (1867).

[4]) *A dynamic theory of the Electromagnetic field. Phil. Trans. 1864.*

[5]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1874 d. 23. April.

[6]) *Philosophical Magazine* (*Ser. 5. Vol. VIII.* p. 85 und 229) August- und September-Heft 1879.

Diese Betrachtungen Wilhelm Weber's eröffnen die Aussicht einer derartigen Vereinigung und Verschmelzung der Emissions- mit der Undulationstheorie des Lichtes, dass die sogenannte Aberration des Lichtes im Weltraume eine der früheren analoge Erklärung findet, bei welcher alle die theoretischen Schwierigkeiten beseitigt sind, welche bekanntlich gegenwärtig die Aberration ausschliesslich nur vom Standpunkte der Undulations-Theorie der mathematisch-physikalischen Analyse darbietet.

Soeben wird mir durch freundliche Vermittelung des Verfassers eine Abhandlung übersandt: „über das Radiometer von Dr. J. Puluj, Privatdocent und Assistent am physikalischen Cabinete der Wiener Universität" (Separatabdruck aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie, vorgelegt in der Sitzung am 3. Juli 1879). Es wird in derselben eine Modification der oben S. 28 von mir beschriebenen Versuche mitgetheilt, bei welchen ein festes Radiometerkreuz Rotationen eines in der Nähe desselben beweglichen Körpers erzeugt, welcher hier in Gestalt einer kleinen Glasglocke auf einer Stahlspitze um ein festes Kreuz realisirt ist. Wenn der Verfasser als Argument für die Erklärung der radiometrischen Phänomene nach der kinetischen Theorie der Gase das von Finkener und Crookes constatirte Maximum des Effectes bei einem gewissen Grade der Verdünnung anführt, so erlaube ich mir auf die bereits oben (Seite 50) hierüber gemachte Bemerkung zu verweisen. Die Anwesenheit eines geringen Restes von Gas, besonders Sauerstoff, kann sehr wohl durch eine Art katalytischer Wirkung die Ablösung der elektrischen Theilchen von den emittirenden Flächen begünstigen und hierdurch ein Maximum des Rotationseffectes bei einem gewissen Grade der Verdünnung erzeugen.

Wilhelm Weber

über die elektrische Natur des Lichtäthers bei Entdeckung seines Grundgesetzes im Jahre 1846.

Als vor 34 Jahren unter Mitwirkung von Wilhelm Weber und Fechner die unter dem Protectorate Seiner Majestät des Königs von Sachsen stehende „Königlich Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften“ zu Leipzig begründet wurde und am Geburtstage von Leibniz am 6. Juli 1846 ihre erste öffentliche Sitzung hielt, hatte Wilhelm Weber unter dem Titel „Ueber ein allgemeines Grundgesetz der elektrischen Wirkung“ eine Untersuchung vorgetragen, in welcher er u. A. durch „Transformation des Ampère'schen Gesetzes“ das gegenwärtig allgemein nach ihm benannte Gesetz entwickelt hat. Die betreffende Abhandlung eröffnet den ersten Band der Abhandlungen unserer Gesellschaft, woselbst auf S. 119 Wilhelm Weber sein Gesetz unter folgender Form darstellt. Weber bemerkt a. a. O. wörtlich:

„Bezeichnet man, wie in der Elektrostatik, die elektrischen Massen schlechtweg durch e und e', und legt diesen Massen selbst positive oder negative Werthe bei, je nachdem sie dem positiven oder negativen Fluidum angehören, so können alle jene partiellen Wirkungen unter das allgemeine Gesetz gebracht werden, wonach die abstossende Kraft jener Massen dargestellt wird durch:

$$\frac{ee'}{r^2}\left(1-\frac{a^2}{16}\cdot\frac{dr^2}{dt^2}+\frac{a^2}{8}r\frac{d^2r}{dt^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

„Es folgt also aus dieser Analyse des Ampère'schen Gesetzes, welches ein präciser Ausdruck einer sehr umfangreichen Classe von Thatsachen ist, das nämliche elektrische

Grundgesetz, welches in den vorhergehenden Artikeln blos nach Anleitung einzelner Thatsachen aufgestellt wurde, und es ergibt sich dies ohne Hypothese."

Setzt man in der obigen Formel

$$\frac{a}{4} = \frac{1}{c}$$

so nimmt der obige Ausdruck des Weber'schen Gesetzes eine Gestalt an, welche Wilhelm Weber in seiner 10 Jahre später in Gemeinschaft mit seinem Freunde Kohlrausch, dem Vater, unternommenen Arbeit mit folgenden Worten[1]) erläutert:

„Das Grundgesetz der elektrischen Wirkung, — wonach die Kraft, welche die elektrische Masse e auf die elektrische Masse e' aus der Entfernung r bei der relativen Geschwindigkeit $\frac{dr}{dt}$ und Beschleunigung $\frac{d^2r}{dt^2}$ ausübt, durch:

$$\frac{ee'}{r^2}\left[1 - \frac{1}{c^2}\left(\frac{dr^2}{dt^2} - 2r\frac{d^2r}{dt^2}\right)\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

ausgedrückt wird."

In dieser Formel bedeutet die Constante c eine Geschwindigkeit von 440010000 Metern oder 59297 geographischen Meilen.[2])

Nach den vorstehenden Erläuterungen lasse ich nun wörtlich den letzten Artikel (32) aus der bereits im Jahre 1846 veröffentlichten und zuerst bei Begründung der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften vorgetragenen Abhandlung hier folgen, um bei der hohen Bedeutung, welche dieselbe gegenwärtig für eine theoretische Behandlung der

---

[1]) Vgl. meine „Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie" 1. Bd. S. 115 (Leipzig 1876 bei Engelmann).

[2]) W. Weber und Kohlrausch geben die Constante c in ihrer oben erwähnten Arbeit zu 439450 . 10^6 Millimeter an. Hr. Professor W. Voigt in Königsberg i. Pr. hat in Poggendorff's Annalen, Neue Folge Bd. II. S. 476 das Resultat einer genaueren Berechnung der Beobachtungsdaten von Kohlrausch und W. Weber mitgetheilt, welches den obigen Werth liefert und dem entsprechend für das Verhältniss der mechanischen zur elektromagnetischen Maasseinheit 1 : 155570 . 10^6 anstatt 1 : 155370 . 10^6 ergibt. —

neueren Experimente von Crookes erlangt hat, auf die Consequenz und Unveränderlichkeit der Anschauungen hinzuweisen, mit welcher Wilhelm Weber seit 34 Jahren die weitere Entwickelung seiner Theorie verfolgt und ihre überraschende Fruchtbarkeit auf den verschiedensten Gebieten der mechanischen Naturlehre bewiesen hat. Für die im Original in den Formeln vorkommende Constante a ist nach dem Obigen überall der Werth $\frac{4}{c}$ gesetzt.

Wilhelm Weber bemerkte nun im Jahre 1846 a. a. O. wörtlich Folgendes über das von ihm entdeckte Gesetz:

„Das gefundene elektrische Grundgesetz lässt sich auf verschiedene Weise aussprechen, was an einigen Beispielen erläutert werden soll.

1. Weil die Entfernung r eine stets positive Grösse ist, so kann man dafür ϱ^2 schreiben. Es ergibt sich dann:

$$dr = 2\varrho d\varrho, \quad d^2r = 2\varrho d^2\varrho + 2d\varrho^2$$

folglich ist:

$$r = \varrho^2, \quad \frac{dr^2}{dt^2} = 4\varrho^2\frac{d\varrho^2}{dt^2}, \quad \frac{d^2r}{dt^2} = 2\varrho\frac{d^2\varrho}{dt^2} + 2\frac{d\varrho^2}{dt^2}.$$

Substituirt man diese Werthe in der Formel

$$\frac{ee'}{r^2}\left(1 - \frac{1}{c^2}\frac{dr^2}{dt^2} + \frac{2}{c^2}r\frac{d^2r}{dt^2}\right)$$

so erhält man folgende kürzere Formel:

$$\frac{ee'}{\varrho^4}\left(1 + \frac{4}{c^2}\cdot\frac{d^2\varrho}{dt^2}\right).$$

2. Man verstehe unter reducirter relativer Geschwindigkeit der Massen e und e' diejenige relative Geschwindigkeit, welche diese Massen, denen am Ende der Zeit t die Entfernung r, die relative Geschwindigkeit $\frac{dr}{dt}$, und die relative Beschleunigung $\frac{d^2r}{dt^2}$ zukommt, wenn die letztere constant wäre, in dem Augenblicke $(t-\theta)$ besitzen würden, in welchem beide, dieser Voraussetzung gemäss, in einem Punkte zusammen träfen. Bezeichnet nun v diese reducirte relative Geschwindigkeit, so ist nach den bekannten

Gesetzen der gleichförmig beschleunigten Bewegung:

$$\frac{dr}{dt} - v = \frac{d^2 r}{dt^2} . \theta$$

$$r = v\,\theta + \frac{1}{2} \frac{d^2 r}{dt^2} . \theta^2$$

Durch Elimination von θ ergibt sich aus diesen beiden Gleichungen:

$$\frac{1}{2} v^2 = \frac{1}{2} \frac{dr^2}{dt^2} - r \frac{d^2 r}{dt^2} .$$

Substituirt man diesen Werth in der Formel:

$$\frac{ee'}{r^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} . \frac{dr^2}{dt^2} + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2 r}{dt^2}\right)$$

so erhält man folgende kürzere Formel:

$$\frac{ee'}{r^2} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$$

welche sich auf folgende Weise in Worten aussprechen lässt:

Die von der Bewegung herrührende Verminderung der Kraft, mit welcher zwei elektrische Massen auf einander wirken würden, wenn sie nicht bewegt wären, ist dem Quadrate ihrer reducirten relativen Geschwindigkeit proportional.

3. Wenn

$$\frac{ee'}{r^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} . \frac{dr^2}{dt^2} + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2 r}{dt^2}\right)$$

die absolute Kraft ist, mit welcher die Masse e auf die Masse e', und umgekehrt e' auf e wirkt und abstösst, so folgt hieraus die beschleunigende Kraft für die Masse e:

$$= \frac{e'}{r^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} \frac{dr^2}{dt^2} + \frac{2}{c^2} \frac{d^2 r}{dt^2}\right)$$

für die Masse e':

$$= \frac{e}{r^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} \frac{dr^2}{dt^2} + \frac{2}{c^2} r \frac{d^2 r}{dt^2}\right)$$

Es resultirt hieraus folgende relative Beschleunigung beider Massen:

$$\frac{e+e'}{r^2}\left(1-\frac{1}{c^2}\frac{dr^2}{dt^2}+\frac{2}{c^2}r\frac{d^2r}{dt^2}\right)$$

Fügt man hierzu noch diejenige relative Beschleunigung, welche für dieselben Massen theils aus der Fortdauer ihrer Bewegung in ihren bisherigen Bahnen, theils aus der Einwirkung anderer Körper sich ergiebt, welche zusammen mit f bezeichnet werden, so erhält man für die ganze relative Beschleunigung, d. i. für $\frac{d^2r}{dt^2}$, folgende Gleichung:

$$\frac{d^2r}{dt^2}=\frac{e+e'}{r^2}\left(1-\frac{1}{c^2}\frac{dr^2}{dt^2}+\frac{2}{c^2}r\frac{d^2r}{dt^2}\right)+f.$$

Mit Hülfe dieser Gleichung kann der Differentialcoefficient $\frac{d^2r}{dt^2}$ bestimmt und sein Werth in die Formel

$$\frac{ee'}{r^2}\left(1-\frac{1}{c^2}\frac{dr^2}{dt^2}+\frac{2}{c^2}r\frac{d^2r}{dt^2}\right)$$

gesetzt werden, welche dann in folgenden, die Kraft, mit welcher zwei elektrische Massen auf einander wirken, unabhängig von ihrer relativen Beschleunigung darstellenden, Ausdruck übergeht:

$$\frac{ee'}{r^2-\frac{2}{c^2}(e+e')r}\cdot\left(1-\frac{1}{c^2}\frac{dr^2}{dt^2}+\frac{2}{c^2}rf\right)$$

Hiernach hängt also diese Kraft von der Grösse der Massen, von ihrer Entfernung, von ihrer relativen Geschwindigkeit, und ausserdem endlich von derjenigen relativen Beschleunigung f ab, welche ihnen zukommt theils in Folge der Fortdauer der in ihnen schon vorhandenen Bewegung, theils in Folge der von anderen Körpern auf sie wirkenden Kräfte.

Es scheint hieraus zu folgen, dass die unmittelbare Wechselwirkung zweier elektrischen Massen nicht ausschliesslich von diesen Massen selbst und ihren Verhältnissen zu einander, sondern auch von der Gegenwart dritter Körper abhängig sei. Nun ist bekannt, dass Berzelius eine solche Abhängigkeit der unmittelbaren

Wechselwirkung zweier Körper von der Gegenwart eines dritten schon vermuthet hat, und die daraus resultirenden Kräfte mit dem Namen der katalytischen bezeichnet hat. Bedienen wir uns dieses Namens, so kann hiernach gesagt werden, dass auch die elektrischen Erscheinungen zum Theil von katalytischen Kräften herrühren."

„Diese Nachweisung katalytischer Kräfte für die Elektricität ist jedoch keine strenge Folgerung aus dem gefundenen elektrischen Grundgesetze. Sie würde es nur dann sein, wenn man mit diesem Grundgesetze nothwendig die Idee verbinden müsste, dass dadurch nur solche Kräfte bestimmt wären, welche elektrische Massen aus der Ferne unmittelbar auf einander ausübten. Es lässt sich aber auch denken, dass die unter dem gefundenen Grundgesetze begriffenen Kräfte zum Theil auch solche Kräfte sind, welche zwei elektrische Massen auf einander mittelbar ausüben, und welche daher zunächst von dem vermittelnden Medium, und ferner von allen Körpern welche auf dieses Medium wirken abhängen müssen. Es kann leicht geschehen, dass solche mittelbar ausgeübten Kräfte, wenn sich das vermittelnde Medium unserer Betrachtung entzieht, als katalytische Kräfte erscheinen, wiewohl sie es nicht sind. Man müsste wenigstens, um in solchen Fällen von katalytischen Kräften zu sprechen, den Begriff von katalytischer Kraft wesentlich modificiren. Man müsste nämlich unter katalytischer Kraft eine solche mittelbar ausgeübte Kraft verstehen, welche sich nach einer allgemeinen Regel bestimmen lässt, durch eine gewisse Kenntniss von den Körpern, deren Einflusse das vermittelnde Medium unterworfen ist, jedoch ohne Kenntniss dieses Mediums selbst. Das gefundene elektrische Grundgesetz giebt eine allgemeine Regel zur Bestimmung katalytischer Kräfte in diesem Sinne."

„Eine andere noch nicht entschiedene Frage ist es aber, ob nicht die Kenntniss des vermittelnden Mediums zur Bestimmung der Kräfte, wenn auch nicht nothwendig, doch nützlich sein würde. Die allgemeine Regel zur Bestimmung der Kräfte liesse sich nämlich vielleicht noch einfacher aussprechen, wenn das vermittelnde Medium in Betracht gezogen

würde, als es ohnedem in dem hier aufgestellten elektrischen Grundgesetze möglich war. Die Erforschung des vermittelnden Mediums, die vielleicht noch über viele andere Dinge Aufschluss geben würde, ist selbst nun aber zur Entscheidung dieser Frage nöthig."

„Die Idee von der Existenz eines solchen vermittelnden Mediums findet sich schon in der Idee des überall verbreiteten elektrischen neutralen Fluidums vor, und wenn sich auch dieses neutrale Fluidum, ausser den Conductoren, den bisherigen Beobachtungen der Physiker fast gänzlich entzogen hat; so ist jetzt doch Hoffnung, dass es gelingen werde, über dieses allgemein verbreitete Fluidum auf mehreren neuen Wegen näheren Aufschluss zu gewinnen. Vielleicht kommen in anderen Körpern, ausser den Conductoren, keine Strömungen, sondern nur Schwingungen vor, die man erst künftig mit den Art. 16. erörterten Mitteln genauer wird beobachten können. Ferner brauche ich nur an Faraday's neueste Entdeckung des Einflusses elektrischer Strömungen auf Lichtschwingungen zu erinnern, welche es nicht unwahrscheinlich macht, dass das überall verbreitete elektrische neutrale Medium selbst derjenige überall verbreitete Aether sei, welcher die Lichtschwingungen mache und fortpflanze, oder dass wenigstens beide so innig mit einander verbunden seien, dass die Beobachtungen der Lichtschwingungen Aufschluss über das Verhalten des elektrischen neutralen Mediums zu geben vermöchten."

„Auf die Möglichkeit einer mittelbaren Wirkung der elektrischen Massen auf einander hat, wie in der Einleitung S. 6 angeführt worden ist, schon Ampère aufmerksam gemacht, „wonach nämlich die elektrodynamischen Erscheinungen den von den elektrischen Strömen dem Aether mitgetheilten Bewegungen" zuzuschreiben wären. Ampère erklärt aber selbst die Prüfung dieser Möglichkeit für eine ausserordentlich schwierige Untersuchung, der er sich zu unterziehen keine Zeit gehabt habe."

„Sollten auch neue Aufschlüsse der Erfahrung, wie sie z. B. aus weiterem Verfolg der nach Art. 16. über elektrische Schwingungen auszuführenden Versuche, und aus

der Faraday'schen Entdeckung vielleicht hervorgehen werden, vorzüglich geeignet erscheinen, um die von Ampère nicht überwundenen Schwierigkeiten allmählig zu beseitigen, so dürfte doch dabei auch das elektrische Grundgesetz in der hier gegebenen, von dem vermittelnden Medium unabhängigen, Form einen nicht unwichtigen Anhaltspunkt gewähren, um dieses Gesetz auch in anderer, von dem vermittelnden Medium abhängigen, Form auszudrücken."

Die vorstehenden Worte Weber's, welche seit 34 Jahren gedruckt dem wissenschaftlichen Publicum vorliegen, werden beweisen, mit wie klarem Blicke derselbe bereits damals die universelle Bedeutung seines Gesetzes erkannt hatte.

Die
elektrische Emissions-Theorie
in ihrer Anwendung auf mechanische Photometrie
und das
Skalen-Photometer.

Die von Crookes angestellten und in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Versuche beweisen in Uebereinstimmung mit den theoretischen Untersuchungen Wilhelm Weber's, dass zwischen Körpern in wahrnehmbaren und deshalb messbaren Abständen lebendige Kraft in Gestalt von Molecularbewegung übertragen und hierdurch Bewegungen der strahlenden und bestrahlten Körper erzeugt werden können. Mag nun diese Uebertragung von lebendiger Kraft mit dem materiellen Träger derselben durch Emission oder ohne denselben, durch Undulation geschehen, in beiden Fällen werden an denjenigen Stellen eines Körpers, auf welche solche Strahlen treffen, moleculare Gleichgewichtsstörungen erzeugt, durch welche sich unter geeigneten Bedingungen Molecüle von der Körperoberfläche ablösen und hierdurch vermöge der mechanischen Reaction einen der Richtung des auffallenden Strahles entgegengesetzten Druck auf den Körper erzeugen.

Die Grösse dieses Druckes wird bei bestimmter Intensität der Bestrahlung im Allgemeinen durch die Beschaffenheit der Körperoberfläche, der Wellenlänge der auffallenden Strahlen und der Beschaffenheit des umgebenden Raumes bedingt sein. Von denselben Umständen ist nun auch die physiologische Reaction unseres Auges gegen Lichtstrahlen abhängig, denn die Stärke des empfundenen Lichtreizes hängt von der

Reizbarkeit der Netzhaut, von der Wellenlänge der Lichtstrahlen, und von der Transparenz und Absorptionsfähigkeit der wässrigen Bestandtheile des Auges ab, durch welche die Strahlen zu einem Bilde auf der Netzhaut vereinigt werden.

Wir bezeichnen für gewöhnlich mit dem Namen Licht nur die Wirkung solcher Strahlen, welche im Stande sind, durch Vermittelung der Netzhaut unsere Sehnerven zu reizen. Obschon durch neuere Beobachtungen bewiesen ist, dass bei gleicher objectiver Beschaffenheit der Strahlen die Stärke dieses Reizes zwischen verschiedenen Individuen derselben Generation und den Individuen verschiedener Generationen Aenderungen unterworfen ist, so wird man doch unter dem Namen Lichtmesser oder Photometer stets nur solche Instrumente verstehen, durch welche man im Stande ist, quantitative Vergleichungen zwischen solchen Strahlengattungen anzustellen, welche vorzugsweise unsere Netzhaut afficiren. Dieser Forderung genügen nun die radiometrischen Erscheinungen in luftverdünnten Räumen, und es ist das ausschliessliche Verdienst von Professor Crookes, gleich beim Beginne seiner epochemachenden Entdeckungen die umfassendsten Versuche nach dieser Richtung angestellt und die verschiedenartigsten Vorschläge zur Construction passender Photometer gemacht zu haben. Ich übergehe daher auch hier die Beschreibung aller derjenigen Versuche und Messungen von Crookes, welche den Beweis von der Anwendbarkeit der radiometrischen Bewegungen zu photometrischen Messungen liefern. Ich beschränke mich darauf, alle diejenigen meiner Leser, welche sich von diesen Vorversuchen und den sinnreichen Combinationen, welche Professor Crookes zur Herstellung praktischer mechanischer Photometer vorgeschlagen hat, auf eine kleine Schrift zu verweisen, die im Jahre 1876 unter dem Titel erschien: „*Crookes's Radiometer, an Instrument which revolves continuously under the Influence of Radiation.*“[1]) Hr. Crookes gibt in dieser Schrift die dem Physiker bekannten Mittel an, durch welche man mit Hülfe

[1]) Gedruckt von E. J. Davey, Boy Court, Ludgate Hill, E. C. Preis 1 Schilling. (43 Seiten.)

von absorbirenden Medien ganz nach Bedürfniss und Zweck der Anwendung des Photometers bestimmte Strahlengattungen von der Wirkung auf das Photometer ausschliessen kann. Will man z. B. die ultrarothen Strahlen, d. h. die unsichtbaren Wärmestrahlen von der Einwirkung abhalten, so genügt es, eine concentrirte wässrige Alaun-Lösung in den Weg der zu untersuchenden Strahlen einzuschalten. Sollen gleichzeitig auch noch die ultravioletten Strahlen, d. h. die unsichtbaren chemischen Strahlen ausgeschlossen werden, so braucht man nur der Alaunlösung noch etwas schwefelsaures Chinin beizumischen, indem hierdurch die chemischen Strahlen absorbirt werden. Hr. Crookes bemerkt S. 21 über diese Eigenschaft des schwefelsauren Chinins wörtlich:

„Dieser Körper hat die Eigenschaft, die Strahlen des Spectrums vom Ultravioletten abzuschneiden von einer Stelle, welche zwischen den Linien *G* und *H* liegt. Eine Combination von Alaun und schwefelsaurem Chinin beschränkt demgemäss die Wirkung auf diejenigen Strahlen, welche das menschliche Auge afficiren und das Instrument wird hierdurch ein wirkliches Photometer.“[1])

Hr. Crookes beschreibt in der erwähnten Schrift eine Art von Differentialphotometer, welches im Wesentlichen aus einem rechteckigen Stückchen Hollundermark besteht, das an einem langen Coconfaden in einem passenden Glasgefässe aufgehängt ist. Hr. Crookes bediente sich bei seinen ersten Versuchen über die Anziehung und Abstossung der Körper durch Licht- und Wärmestrahlung im Wesentlichen desselben Apparates, nur mit dem Unterschiede, dass im vorliegenden Falle dieselbe Hälfte des Hollundermarkstückchens auf beiden Seiten geschwärzt ist, so dass die Strahlen zweier Kerzen, deren Verbindungslinie senkrecht zur Verticalebene des Hollundermarkstückes steht, letzteres nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen bestrebt sind. Mit Hülfe eines kleinen Spiegels, dessen Ebene senkrecht zur Ebene

---

[1]) Im englischen Originaltext lautet diese Stelle wörtlich:

„*This body has the property of cutting off the ultra-violet rays from a point between the lines G and H. A combination of alum and sulphate of quinine, therefore, limits the action to those rays which affect the human eye, and the instrument becomes a true photometer*“. (*p. 21.*)

des Hollundermarkstückchens mit letzteren verbunden ist, kann das Reflexbild eines passend aufgestellten Lichtes auf einer ausserhalb des Apparates aufgestellten Skala beobachtet und der Neutralisationspunkt beider Lichtquellen bestimmt werden. Hr. Crookes hat mit diesem Instrumente einige vorläufige Versuche bei Anwendung einer Kerze in verschiedenen Abständen angestellt, um zu zeigen, dass das Gesetz der Intensitätsveränderung im umgekehrten Verhältniss des Quadrates der Entfernung mit der Lichtquelle in den Ablenkungen des Hollundermarkstückchens zum Ausdruck kommt. Wie bemerkt, sind die Versuche nur als vorläufige zu betrachten, da für genaue Messungen weder die Constanz des Kerzenlichtes hinreichend verbürgt ist, noch die Veränderungen des Einfallswinkels berücksichtigt sind, welche nothwendig bei grösseren Ablenkungen der reagirenden Hollundermarkfläche die Grösse der Ablenkungen beeinflussen müssen. Trotz dieser Fehlerquellen reichen aber die folgenden numerischen Resultate, welche in der erwähnten kleinen Schrift S. 22 mitgetheilt sind, vollkommen aus, um im Allgemeinen die Anwendbarkeit der radiometrischen Bewegungen zur praktischen Begründung einer mechanischen Photometrie zu beweisen. Ich theile daher die folgende Zusammenstellung von Abständen der Kerze und den entsprechenden Ablenkungen des Photometers in Skalentheilen hier mit, indem ich den beobachteten Werthen die nach dem Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung berechneten Werthe hinzufüge. Hr. Crookes gibt an, dass das erwähnte Instrument schon durch die Strahlen einer Kerze aus einer Entfernung von 36 englischen Fussen deutlich afficirt werde. Die folgenden Messungen erstrecken sich nur bis zu einer Entfernung von 30 engl. Fuss:

Abstand des Kerzenlichtes	Skalen-Theile des Photometers beobachtet	berechnet
6 Fuss.	218.0	218.0
10 „	77.0	78.5
12 „	54.0	54.5
18 „	24.5	24.2
20 „	19.0	19.6
24 „	13.0	13.6
30 „	8.5	8.7

Wie man sieht, sind die berechneten Werthe mit Ausnahme eines einzigen sämmtlich grösser als die beobachteten, was vielleicht daher rührt, dass der Nullpunkt der Entfernung nicht ganz richtig bestimmt war.[1]) Trotzdem zeigen diese Beobachtungen zur Genüge, dass innerhalb einer Intensitätsänderung, welche das 25fache der schwächsten Lichtmenge repräsentirt, ein mechanisches Photometer auf dem Principe der radiometrischen Bewegungen construirt werden kann. Mir kommt daher bei dem im Folgenden zu beschreibenden Skalen-Photometer nicht die Priorität der Idee des Principes zu, welche ausschliesslich das Eigenthum des Herrn Crookes ist, sondern lediglich die Form und Ausführung der Construction, welche jedoch, wie die Geschichte der Erfindungen beweist, für die allgemeine und endgültige Einführung neuer Instrumente und Maassmethoden in die physikalische und technische Praxis von grosser Bedeutung ist.

Beschreibung des Skalen-Photometers.

Das Titelbild zeigt eine photographische Darstellung des Instruments in $^2/_5$ seiner natürlichen Grösse. In Fig. 8, Taf. III ist eine Durchschnittszeichnung gegeben, aus welcher man ohne Schwierigkeit das Princip und die einzelnen Theile der Construction erkennt. In einem Glasgefässe befindet sich an einem für die Sicherheit des Transportes hinreichend starken Coconfaden das aus vier Flügeln bestehende Radiometerkreuz. Was den Stoff und die Zubereitung der Flügel betrifft, so war ein besonderes Augenmerk darauf zu richten, dass bei schnellen Temperaturerhöhungen des Instrumentes keine regressiven Bewegungen eintreten. Wie bereits oben (S. 25) in meiner ersten Abhandlung gezeigt ist, beruhen diese regressiven Bewegungen bei schneller Steigerung der Temperatur auf zwei verschiedenen Ursachen. Erstens geben hierzu formelle Verschiedenheiten der beiden Seiten der Flügel (z. B. Halbschalen) oder die Neigung der-

[1]) Ausserdem sind bei dem erwähnten Instrumente schwache magnetische Kräfte zur leichteren Fixirung des Nullpunktes angewandt worden, welche bei genauer Discussion der beobachteten Messungen nothwendig hätten in Rechnung gebracht werden müssen.

selben zur Drehungsaxe Veranlassung, indem hierdurch bei prävalirender Eimission der Gefässwandungen Drehungsmomente erzeugt werden, welche unter geeigneten Umständen die Reactionswirkungen compensiren können, die durch Emissionen an den Oberflächen der beweglichen Flügel entstehen und bei photometrischen Apparaten allein als Maass für die Intensität des wirksamen Lichtes benutzt werden müssen. Zweitens können aber diese regressiven Bewegungen auch durch die Verschiedenheit des Absorptions- und Reflexionsvermögens für Wärmestrahlen der auf beiden Seiten von ebenen und parallel der Drehungsaxe befestigten Radiometerflügeln entstehen. Dies ist z. B. bei blanken Aluminiumflächen der Fall, welche einseitig mit durchsichtigen Glimmerblättchen belegt sind. Wird ein aus solchen Flügeln construirtes Radiometer von Aussen, z. B. mit der Hand, erwärmt, so werden die von der inneren Gefässwand ausgehenden dunklen Wärmestrahlen von der mit Glimmer belegten Seite stärker obsorbirt als von der unbelegten Metallfläche. Durch jene Absorption erwärmt sich das Glimmerscheibchen beträchtlich schneller als die unbelegte metallische Seite der Flügel und hierdurch prävaliren bis zur Ausgleichung der Temperatur die Emissionsprocesse von den mit Glimmer belegten über diejenigen von den metallischen Oberflächen und es findet eine Rotation statt, welche der bei leuchtenden Strahlen entgegengesetzt gerichtet ist.

Es müssen folglich bei der Construction eines auf diesen Bewegungen basirten Photometers zur Verminderung des störenden Einflusses plötzlicher Temperaturschwankungen die angedeuteten regressiven Bewegungen vermieden werden. Nach mehrfach von mir angestellten Versuchen hat sich am Zweckmässigsten ein Radiometerkreuz von Glimmer erwiesen, dessen Flächen einseitig mit Russ überzogen sind. Ein solches Kreuz dreht sich sowohl unter dem Einfluss leuchtender als auch dunkler Wärmestrahlen stets nach derselben Richtung. Wenn man daher die oben erwähnten absorbirenden Medien anwendet, so können Compensationswirkungen der besprochenen Art die photometrischen Messungen nicht stören. Ausserdem werden auch jederzeit plötzliche und grosse Temperatur-

schwankungen des Beobachtungsraumes leicht vermieden werden können, da das Instrument an einem ruhigen, vor starken Erschütterungen geschützten, Orte aufgestellt werden muss, um die Skala zur Ruhe kommen zu lassen. Letztere besteht aus einem kreisförmigen Papiercylinder, dessen Umfang in 100 Theile getheilt ist. Der Index befindet sich, wie auf der Lichtdrucktafel zu erkennen, vor einer Oeffnung in einer cylindrischen beweglichen Messingkapsel, deren Rand *m m'* (Fig. 8, Taf. III) von dem darunter befindlichen vorspringenden Rand *r r'* des oberen Messingstückes getragen wird und auf demselben leicht gedreht werden kann. Da der Nullpunkt der Skala erst nach längerem Stehen des Instrumentes eine hinreichend constante Lage einnimmt, wie dies bei allen Instrumenten der Fall ist, welche auf dem Principe der Coulomb'schen Drehwage basirt sind, so ist die Beweglichkeit des Index für eine Correction des Null-Punktes erforderlich. — Ferner stellt *g g'* Fig. 8, Taf. III den Durchschnitt eines starkwandigen, auf beiden Seiten mattgeschliffenen Glas-Cylinders dar, theils zur Zerstreuung des Lichtes, theils zur Absorption dunkler Wärmestrahlen. Um diesen Glascylinder schliesst sich von Aussen ein Messingcylinder, der seitlich eine durch einen Deckel leicht verschliessbare, kreisförmige Oeffnung mit einer Platte von Milchglas oder mattem Glase trägt. Alle diese Theile ruhen frei beweglich auf der metallenen Basis *t t'* des Instruments und lassen sich nach Oben leicht von dem Instrumente abheben. Am Kopfe bei *L* trägt das Photometer eine Dosenlibelle zur Verticalstellung. Die Zahl der Skalentheile wächst gemäss den Torsionsgesetzen proportional dem Drehungswinkel, wobei jedoch selbstverständlich darauf zu achten ist, dass mehrere Umdrehungen der Skala nicht unter dem Einflusse des directen Sonnenlichts stattfinden.[1]) Es ist daher durchaus nothwendig, das Instru-

[1]) Coulomb hatte bei seiner elektrischen Drehwage einen Coconfaden von 4 Zoll Länge angewandt und bei seinen Messungen über das Gesetz der elektrischen Abstossung noch bei Umdrehungen des Fadens von 576° das Gesetz der Proportionalität zwischen der tordirenden Kraft und dem Drehungswinkel als gültig vorausgesetzt. Vgl. Gehler's Wörterbuch Bd. III. S. 693 ff. —

ment, wenn es nicht benutzt wird, stets mit verschlossener Oeffnung stehen zu lassen.

Da ferner die bestrahlten Flächen des Radiometers bei verschiedener Beleuchtung verschiedene Stellungen zu dem matten Glascylinder einnehmen, so ist es erforderlich, für eine möglichst allseitige und gleichmässige Beleuchtung desselben zu sorgen. Bei der photometrischen Bestimmung von Kerzen- oder Gasflammen wird dieser Bedingung am leichtesten durch gleichzeitige Beleuchtung von vier Seiten durch vier Flammen geschehen können, deren Verbindungslinien sich im Mittelpunkte des Instrumentes unter rechten Winkeln kreuzen. Bei Messungen des zerstreuten Tageslichtes, welche namentlich für Photographen von Wichtigkeit sind, kann man den äusseren Messingcylinder durch einen im Innern versilberten conischen Reflector mit nach oben gerichteter Oeffnung ersetzen. Erhält alsdann das Instrument an einem nicht der Sonne zugänglichen Ort seine dauernde Aufstellung, womöglich im Freien unter dem Schutze einer darüber angebrachten Glasglocke, so dient dasselbe dem Photographen als ein sehr nützliches Instrument zur sicheren Bestimmung der Expositionszeit. Einige vorläufig im photographischen Atelier von Hrn. A. Naumann hierselbst angestellten Versuche haben durchaus günstige und den Erwartungen vollkommen entsprechende Resultate geliefert. Die weiteren Verbesserungen des Skalenphotometers und besonders das Studium derjenigen Umstände, durch welche die Empfindlichkeit desselben bedingt ist, müssen sich mit der Zeit durch umfassende Anwendungen desselben in der Praxis ergeben. Dass die Temperatur, bei welcher die Beobachtung stattfindet, vermuthlich auf die Empfindlichkeit einen Einfluss ausüben wird — wenn auch einen für die in bewohnten Zimmerräumen vorkommenden Temperaturschwankungen praktisch zu vernachlässigender — scheint nach den oben (S. 47) von mir mitgetheilten Beobachtungen über die Veränderung des Vacuums durch Erwärmung sehr wahrscheinlich. Ich habe deshalb, wie aus der Lichtdrucktafel ersichtlich, mit dem Instrumente in passender Weise ein Thermometer in Verbindung gebracht, dessen Stand bei genaueren Messungen notirt werden muss.

Ob sich gegenwärtig, bei der hohen Vervollkommnung der magneto-elektrischen Maschinen, die bereits vor 20 Jahren von mir gemachten Vorschläge zur Herstellung einer photometrischen Lichteinheit auf galvanischem Wege durch Anwendung eines bei bestimmter Stromstärke glühenden Platindrahts von gegebener Länge und Dicke[1]) realisiren lassen werden, muss gleichfalls der Praxis und der Verbesserung der stromerzeugenden Instrumente überlassen bleiben.

Ich habe schliesslich noch mit Dank und Anerkennung die grosse Geschicklichkeit des Glaskünstlers Hrn. Robert Götze (Albert-Str. 22), eines Schülers des verewigten Dr. Geissler in Bonn, zu erwähnen, ohne dessen Hülfe ich ebensowenig wie Hr. Crookes ohne den von ihm stets anerkennend erwähnten Hrn. Gimingham, im Stande gewesen wäre, meine Untersuchungen auf dies neue Gebiet physikalischer Thatsachen erfolgreich auszudehnen. Nicht minder umsichtig und geschickt hat Hr. Mechanikus Carl Krille (Schulgasse 4) die Metallarbeit an dem Skalen-Photometer ausgeführt, so dass ich beide Künstler mit voller Ueberzeugung den Physikern zur Ausführung von Arbeiten empfehlen kann. Die Bestellungen für Skalen-Photometer kann man entweder an Hrn. Götze oder Hrn. Krille richten, welche dasselbe sorgfältig verpackt für den Preis von 120 Reichsmark liefern.

---

[1]) Vgl. meine oben (S. 6) citirte Inauguraldissertation und deren Auszug in Poggendorff's Annalen. (1860.)

Nachtrag

zum dritten Bande der Wissenschaftlichen Abhandlungen.

---

1. Zur Geschichte der vierten Dimension.

Im soeben erschienenen 3. Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ hatte ich durch wörtliche Citate (S. 578) nachgewiesen, dass der protestantische Pastor Johann Ludwig Fricker (1729—1761), aus Dettingen in Schwaben, der sich neben seinen theologischen Studien auch sehr eingehend mit Mathematik und Naturwissenschaften beschäftigt hat, gänzlich unabhängig von Kant die Conception einer um eine Dimension erweiterten Raumanschauung ausgesprochen und dieselbe unter Anderem auch zur Erklärung zweier Bibelstellen benutzt habe, über welche sich seit 1500 Jahren bei theologischen Schriftstellern eine ungeheure Literaturfülle auf dem Gebiete der biblischen Exegese aufgespeichert hat.

Ich bin gegenwärtig in der Lage, das erste Auftauchen dieser Conception historisch weiter zurückzuverfolgen und zwar bis zum Jahre 1671, d. h. 15 Jahre vor dem Erscheinen der ersten Auflage von Newton's Principien (1686). Der Autor ist ein Mann, welcher noch gleichzeitig und an demselben Orte mit Newton[1]) in Cambridge lebte, nämlich der gelehrte Theosoph und Naturforscher Henry More (geb. 12. Oct. 1614 — gest. 1. Sept. 1687).

Die erste Nachricht von diesem merkwürdigen Manne und seiner Priorität bei der Conception der 4. Dimension erhielt ich durch die englische Zeitschrift „*The Spiritualist*“ vom

---

[1]) Newton geb. 25. Oct. 1642 — gest. 20. März 1727.

24. Oct. d. J., in welcher sich auf S. 200 unter der Ueberschrift *„The fourth Dimension“* ein Aufsatz von R. Maitland befindet, der aus einem Werke Henry More's charakteristische Stellen über die 4. Dimension enthält. Ehe ich noch Zeit gefunden hatte, mich auf der hiesigen Universitätsbibliothek eingehender nach dem Originalwerke More's zu erkundigen, erhielt ich eine freundliche Zuschrift (d. d. 5. Nov. 1879) von meinem verehrten Collegen Dr. Johann Eduard Erdmann, Professor der Philosophie an der Universität Halle, in welcher ich zu meiner grossen Freude, gänzlich unabhängig von dem oben erwähnten Aufsatze, in eingehender Weise auf Henry More als einen Vorläufer in der Entdeckung der 4. Dimension aufmerksam gemacht wurde. Die betreffenden Worte in der brieflichen Mittheilung meines Collegen lauten wie folgt:

„Der Engländer Henry More (12. Oct. 1614 — 1. Sept. 1687) hat in seinem Kampfe gegen die mechanische Weltanschauung der Cartesianischen Identification von Ausdehnung und Körperlichkeit stets dies entgegengestellt, dass alle Wesen ausgedehnt seien, nur haben die Körper blos drei Dimensionen, die Geister aber vier, darum finde für sie keine Undurchdringlichkeit statt. Das *Encheiridium metaphysicum*, in dem u. A. dies zu lesen, ist 1671 geschrieben.“

Gleichzeitig hatte mein College die Güte, mich auf ein von ihm selber im Jahre 1836 veröffentlichtes Werk aufmerksam zu machen: „Versuch einer wissenschaftlichen Darstellung der Geschichte der neueren Philosophie“, Bd. I. 1. Abth., worin sich in den Beilagen pp. LXXV LXXXVII aus der dreibändigen Gesammtausgabe der Schriften More's (London 1679) die wichtigsten Sätze über die 4. Dimension in wörtlichen Auszügen des lateinischen Originals befinden.

Die hiesige Bibliothek besitzt eine lateinische Gesammtausgabe der Werke More's in einem grossen, in Schweinsleder gebundenen Folianten. Der Rücken des Buches trägt die Aufschrift: *„Henrici Mori Opera philosophica“*, der Deckel in Golddruck: *„Biblioth. Paulin. Rectore Acad. Lips. Joh. Cypriano* PP. 1683“.

Der auf die 4. Dimension bezügliche Originaltext (*Enchiridium Metaphysicum. Part. I. Cap. 28. §. 7.*) lautet wie folgt:

„§. 7.) *Quod praeter trinas illas Dimensiones quae omnibns rebus extensis competunt, quarta etiam admittenda est, quae proprie competit Spiritibus.*“

„Et, ut nihil dissimulem, quamquam Materiales res onnes *in se* consideratae *trinis* tantummodo Dimensionibus contentae sint, *quarta* tamen in rerum naturam est admittenda, quae satis apte, opinor, appellari potest *Spissitudo ensentialis.* Quae tametsi maxime proprie ad eos Spiritus attinet qui Extensionem suam in minus *Ubi* possunt contrahere, facili tamen analogia referri porro potest ad Spirituum tam Materiae quam suiipsorum mutuas Penetrationes; ita ut ubicunque vel plures vel plus Essentiae in aliquo Ubi continetur quam quod amplitudinem hujus adaequat, ibi agnoscatur *quarta haec dimensio* quam appello *Spissitudinem essentialem.*

Quae certe nullam majorem involvit repugnantiam quam quae fieri in reliquis tribus Dimensionibus cuipiam minus attente cogitanti prima specie apparere potest. Nempe nisi quis putare velit quod Cera in ulnae puta longitudinem producta, et postea in globi formam constructa ac convoluta, aliquid prioris extensionis ex hac sui conglobatione pordiderit, fateri eum oportet quod nec Spiritus in suiipsius minus in spatium contractione quicquam aut Extensionis aut Essentiae suae deperdidit, sed, quemadmodum in supra dicta Cera ejus *longitudinis* diminutio praesenti *latitudinis* et *profunditatis* incremento compensatur, ita in Spiritu seipsum contrahente, quod minutae itidem illius *longitudo*, *latitudo* et *profunditas* recenti compensantur *essentiali Spissitudine*, quam hac sui contractione acquirit.

Et utrobique meminisse oportet *situm* duntaxat *mutari*, *essentiam* vero et *extensionem* nequaquam *minui.*

Haec certe mihi tam perfecte undique perspecta sunt penitusque explorata, ut cujusvis mentem morbidis illis Imaginationis praejudiciis liberam appellare andeam et provocare ad experiendas intellectus sui vires, an non clare percipiat rem ita se habere posse quemadmodum definivi, duasque aequales Extensiones idem prorsus *Ubi* occupantes duplo majores esse alterutra sola, nec *eisdem* terminis, ut falso suggerit Imaginatio, sed *aequalibus* solummodo, claudi.

Nec plura opus est accumulare verba ad solvendam hanc primam Difficultatem, cum quae hactenus breviter dicta sunt abunde sufficiant ad penetrandum illorum intellectum qui nullo obsidentur praejudicio; ad eorum vero qui praejudiciis occaecati sunt ne infinita quidem sufficient.“

Indem ich andere Stellen über die 4. Dimension übergehe, erlaube ich mir hier nur auf die theilweise Uebereinstimmung More’s mit Kant bezüglich der Anschauung von der Realität des absoluten Raumes aufmerksam zu machen. More behauptet nämlich:

„Ebenso ist zu zeigen, dass der Raum nicht etwa nur ein Gedankending ist, sondern etwas Reales"[1]).

Kant behauptet in seiner Erstlingsschrift (1768):

„Dass der absolute Raum, unabhängig von dem Dasein aller Materie und selbst als der erste Grund der Möglichkeit ihrer Zusammensetzung eigene Realität habe."

„Ein nachsinnender Leser wird daher den Begriff des Raumes . . . nicht für ein blosses Gedankending ansehen."[2])

Ueber Henry More finden sich ausserdem nähere Angaben in dem vortrefflichen Werke von Professor Zöckler: „Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft", Bd. I. S. 602 und 756.

Auch in unserer Zeit ist, wie ich erst nachträglich erfahren, die Anwendung der Theorie der vierten Dimension, weswegen man mich in „liberalen", „gelehrten" und „gebildeten" Kreisen privatim und öffentlich mit so vielem Spott und Hohn überschüttet hat, bereits 6 Jahre früher von meinem Specialcollegen, E. Mach, Professor der Physik an der Universität Prag, zur Erklärung von physikalischen und chemischen Erscheinungen benutzt worden[3]), die mit dem Spiritismus gar nichts zu schaffen haben.

Es heisst a. a. O. wörtlich:

„Für einen Raum von 3 Dimensionen ist die Zahl der denkbaren Entfernungen grösser als die Zahl der in diesem Raume möglichen Entfernungen, sobald die Punktezahl grösser als 4 wird. . . . Diese Schwierigkeit verschwindet in unserem Beispiel schon, wenn wir uns das fünf-atomige Molekül in einem Raum von 4 Dimensionen denken. . . . Je grösser nun die Zahl der Atome in einem Moleküle ist, einer desto höheren Dimensions-

---

[1]) Vgl. Erdmann a. a. O. Abth. II. p. 189. Die Worte More's lauten: „Dispiciendum nunc tandum est diligenter, an infinitum hoc extensum immobile *imaginarium* quiddam sit solummodo, quemadmodum vulgus philosophorum opinatur, an vero *reale*." Refutatio Cartesianorum cap. VIII. p. 166.

[2]) Kant's Werke (Rosenkranz) Bd. V. S. 294 u. 301. Meine Widerlegung der Behauptung, dass Kant später in seiner „kritischen Periode" die obigen Anschauungen verleugnet habe, findet der Leser im III. Bande meiner Wiss. Abhdlg. S. 593 ff.

[3]) Vgl. „Die Geschichte und Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, von E. Mach, Professor der Physik a. d. Universität Prag, 1872. Calve'sche Univ.-Buchhandlung.

zahl des Raumes bedürfen wir dann, um alle denkbaren Möglichkeiten solcher Verbindungen auch zu verwirklichen. . . .“ (S. 29.)

„Warum es bis jetzt nicht gelungen ist, eine befriedigende Theorie der Elektricität herzustellen, das liegt vielleicht mit daran, dass man sich die elektrischen Erscheinungen durchaus durch Molecularvorgänge in einem Raume von 3 Dimensionen erklären wollte.“ Ferner S. 55: „Meine Versuche, die Spectra der chemischen Elemente mechanisch zu erklären und die Nichtübereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung bestärkten mich in der Ansicht, dass man sich die chemischen Elemente nicht in einem Raum von drei Dimensionen vorstellen müsse. Ich wagte jedoch nicht dies vor den orthodoxen Physikern unumwunden auszusprechen. Meine Notizen in Schlömilch's Zeitschrift 1863, 1864 enthalten darüber nur erst eine Andeutung.“

Herr Professor Mach hebt ausdrücklich hervor, dass er vollkommen selbständig auf die Idee einer um eine Dimension vermehrte Raumanschauung gekommen sei und dieselbe zur Erklärung bisher (nach seiner Ansicht) unerklärbaren physikalischen Erscheinungen vorgeschlagen habe. Er sagt S. 55 wörtlich:

„Die sämmtlichen in dieser Schrift entwickelten Ansichten über Raum und Zeit theilte ich zuerst mit in meinem Colleg über Mechanik im Sommer 1864 und in meinen sehr zahlreich, auch von mehreren Professoren der Grazer Universität besuchten Colleg über Psychophysik im Winter 1864 — 65. Die wichtigsten und allgemeinsten Resultate dieser Betrachtungen publicirte ich in Form kurzer Notizen in Fichte's Zeitschrift für Philosophie 1865, 1866. Hierbei fehlte mir vollständig jede äussere Anregung, indem die Riemann'sche Abhandlung, welche 1867 erschien, mir ganz unbekannt war.“

Diese merkwürdige Uebereinstimmung gänzlich unabhängig von verschiedenen Individuen concipirter neuer Gedankenreihen ist bezeichnend für die innere Nothwendigkeit und Wahrheit derselben im Entwickelungsgang der Wissenschaft. Helmholtz sagt:

„Wir finden es häufig bei Fragen, zu deren Bearbeitung der zeitige Entwickelungsgang der Wissenschaft hindrängt, dass mehrere Köpfe ganz unabhängig von einander eine genau übereinstimmende neue Gedankenreihe erzeugen.“ (Vgl. Wechselwirkung der Naturkräfte S. 20.)

Ueber die Wiederholungen meines Knotenexperimentes bei nicht professionellen Medien, welches mir zuerst am 17. December 1877 in Gegenwart Slade's gelungen war, habe ich im zweiten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ Ausführliches berichtet. Es freut mich, im Fol-

genden eine soeben erschienene[1]) analytische Behandlung desselben Problems mit Zuhülfenahme der 4. Dimension von dem Mathematiker Hrn. Professor Dr. R. Hoppe hier mittheilen zu können. Dieselbe lautet wörtlich:

„Gleichung der Curve eines Bandes mit unauflösbarem Knoten nebst Auflösung in vierter Dimension".

„Jede Curve kann ein undurchdringliches Band repräsentiren, wenn sie keinen Doppelpunkt hat. Ein unauflösbarer Knoten setzt voraus, dass die Curve geschlossen ist. Er ist dadurch bedingt, dass die Curve durch keine stetige Variation in die Curve eines Bandes ohne Knoten, z. B. in einen Kreis, übergehen kann, ohne dass zu irgend einer Zeit ein Doppelpunkt entsteht.

Ein Beispiel einer solchen Curve ist folgendes:

$$x = \cos u (3 \cos u + 2)$$
$$y = 5 \sin u \cos u$$
$$z = \sin u (25 \cos^2 u - 1)$$

An der Abbildung, welche die Projection der Curve auf die xy Ebene darstellt, und wo die Intervalle der positiven und der negativen z durch ausgezogene und punktirte Linien unterschieden sind, erkennt man, dass sie einem geschlossenen Bande mit dem bekannten einfachen, offenbar unauflösbaren Knoten entspricht. Der analytische Nachweis würde für den geringen Zweck zu umständlich sein. (Die Figur ist hier fortgelassen.)

Die mit der Zeit t variirende Curve sei ausgedrückt durch die Gleichungen:

$$x = \tfrac{1}{2} \cos u \,[3 \cos u (1 + \cos t) + 3 + \cos t]\, f(t)$$
$$y = \tfrac{1}{2} \sin u \,[5 \cos u (1 + \cos t) + 1 - \cos t]\, f(t)$$
$$z = \tfrac{1}{2} \sin u (25 \cos^2 u - 1)(1 + \cos t) f(t)$$
$$w = u \sin t . f(t)$$

Hier bedeutet w die vierte Coordinate, indem eine Ausweichung nach vierter Dimension zugelassen wird, und $f(t)$ eine Function, die so besimmt werden kann, dass die Curve eine constante Länge behält. Ueberdies sei $f(0) = 1$; $f(2\mathrm{R}) = c$.

Für $t = 0$ und $t = 2\mathrm{R}$ verschwindet w, die Gleichungen drücken 2 Curven im Raume aus und zwar beziehungsweise die obige Knotencurve und den Kreis

$$x = c \cos u; \quad y = c \sin u; \quad z = 0$$

Zwischen beiden findet ein stetiger Uebergang statt, und da für jedes t bei Variation von u von 0 bis 4R die eine Coordinate w nie 2 gleiche Werthe hat, so ist schon darum ein Doppelpunkt zu keiner Zeit möglich, folglich ist durch den Uebergang der Knoten aufgelöst. — R. Hoppe."

---

[1]) Archiv der Mathematik und Physik. Gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. 64. Theil. Heft 2. (1879.) S. 224. —

2. Ueber die „hypnotischen Versuche" von Professor Adolf F. Weinhold.

Am Schlusse des dritten Bandes meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" hatte ich in einem Nachtrage „Versuche über Biomagnetismus mit Influenz-Elektricität von Dr. Adolf F. Weinhold, Professor der Physik in Chemnitz" mitgetheilt, zu deren Veröffentlichung, so weit sie in Briefen an Hrn. Geheimrath Thiersch und mich enthalten sind, mir von Hrn. Professor Weinhold auf meine Anfrage in bereitwilligster Weise schriftlich Erlaubniss ertheilt worden war. In einer soeben erschienenen kleinen Schrift[1]) veröffentlicht Hr. Prof. Weinhold nun selber den ausführlichen Bericht über seine Versuche und bestätigt S. 9 die mir schriftlich ertheilte Erlaubniss mit folgenden Worten:

„Prof. Zöllner erhielt von diesem Berichte Kenntniss und erbat sich von mir die Erlaubniss, denselben zu veröffentlichen, die ich natürlich bereitwillig ertheilte, da es sich meinerseits wesentlich nur um ein Referat über beobachtete Thatsachen handelte."

Abgesehen von dem Berichte über die beobachteten Thatsachen, hatte aber auch Hr. Professor Weinhold Veranlassung genommen, sich in der „Chemnitzer Zeitung" vom 26. September 1879 öffentlich gegen die Anschauungen eines Herrn Dr. med. Opitz zu erklären, welcher in drei Artikeln (Nr. 217, Nr. 218 und Nr. 220) derselben Zeitung sich in allgemeinen Betrachtungen über die Einflüsse einer erregten Phantasie im Zustande des Schreckens, der Angst und Furcht ergangen hatte, um durch die hierbei eintretenden „Störungen der Nerventhätigkeit" die Hansen'schen Versuche zu „erklären" ohne Zuhülfenahme einer von Hrn. Hansen und anderen Individuen ähnlicher Beschaffenheit ausgeübten „specifischen Wirkung". Da jedoch bei den von Hrn. Hansen seinem Einflusse unterworfenen Individuen von all

---

[1]) „Hypnotische Versuche. Experimentelle Beiträge zur Kenntniss des sogenannten thierischen Magnetismus. Ergänzung und Berichtigung der im III. Theile von Zöllner's wissenschaftlichen Abhandlungen enthaltenen Mittheilungen des Verfassers. Von Prof. Dr. Adolf F. Weinhold." Chemnitz. Verlag von Martin Bültz, 1879. 8. 29. S.

den oben angeführten Gemüthsaffecten nichts nachzuweisen war, so musste es für Hrn. Prof. Weinhold ein Leichtes sein, den so wenig begründeten und durchaus nicht neuen Argumenten des Hrn. Dr. med. Opitz erfolgreich entgegenzutreten. Es geschah dies in dem oben erwähnten und bereits im dritten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ S. 637 reproducirten, mit voller Namensunterschrift des Prof. Weinhold unterzeichneten Artikeln der Chemnitzer Zeitung vom 26. Sept. 1879 mit folgenden Worten:

(Chemnitzer Zeitung d. 26. Sept. 1879.)

„Mit grosser Beredsamkeit sucht Herr Dr. med. Opitz in Nr. 217, 218 und 220 dieses Blattes nachzuweisen, dass zur Erklärung der eigenthümlichen Wirkungen der sogenannten Magnetiseure und insbesondere des Herrn Hansen keine besondere, nur einzelnen Individuen eigenthümliche Kraft anzunehmen sei, sondern dass es sich nur um Störungen der Nerventhätigkeit handle, die ganz ebenso durch völlig bekannte Einwirkungen hervorgerufen werden können. . . . .“

„Die Art und Weise, wie die verschiedenartigsten und tollsten Hallucinationen in bunter Aufeinanderfolge und im raschesten Wechsel mit vollem Bewusstsein willkürlich hervorgerufen werden, ist in ihrer Gesammtheit von den bisher in Krankheitszuständen beobachteten Erscheinungen wesentlich verschieden und den von Herrn Dr. Opitz aufgeführten Wirkungen einer erhitzten Phantasie in keiner Weise vergleichbar. . .“

Für die Richtigkeit seiner in vorstehenden Worten gegenüber Hrn. Dr. med. Opitz vertheidigten Anschauung, „dass es sich um eine specifische Wirkung der Hansenschen Person handelt“, hatte Hr. Prof. Weinhold noch in anderen Umständen eine Stütze zu finden geglaubt, indem der am 6. October d. J. an mich gerichtete und S. 635 meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ Bd. III mit Erlaubniss Weinhold's veröffentlichte Brief wörtlich mit folgendem Satze beginnt:

„. . . . Jedenfalls interessirt Sie ein Umstand, auf den ich gelegentlich noch aufmerksam geworden bin und welcher einestheils erklärt, warum unter den von Hansen behandelten Personen ein weit grösserer Procentsatz für Elektricität empfindlich ist, als unter den von ihm nicht behandelten, und anderntheils, wie mir scheint, einen weiteren Beleg dafür liefert, dass es sich um eine specifische Wirkung der Hansen'schen Person handelt: die Empfänglichkeit hat im Verlaufe von etwa 3 Wochen bedeutend abgenommen und ist bei einem Individuum nach erneuter Berührung mit Hansen wieder in alter Stärke aufgetreten.“

Am 24. October d. J. stattete mir Hr. Hansen von Altenburg aus einen Besuch ab und verlebte den Abend in Gesellschaft von Prof. Fechner, Scheibner und meiner Mutter in meiner Wohnung. Da an diesem Tage die ersten Exemplare des dritten Bandes meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ vom Buchbinder gekommen waren, so benutzte ich diese Gelegenheit, Hrn. Hansen in Gegenwart von Fechner und Scheibner den Bericht über sein merkwürdiges Experiment mit Herrn Juwelier Ehrenwerth vorzulesen, worüber ich S. 532, Bd. III. Wiss. Abhdl. berichtet habe. Hr. Hansen bestätigte in Gegenwart der erwähnten Zeugen die vollkommene Correctheit meines Berichtes und fügte nur ergänzend hinzu, dass die beiden Zimmer durch eine mit Glasscheiben versehene Thüre getrennt waren, durch welche man bequem Hrn. Ehrenwerth bei seinen, unter dem Einflusse Hansen's vorgenommenen, Manipulationen beobachten konnte.

Da zur Widerlegung derartiger Anschauungen, wie sie von Hrn. Dr. med. Opitz gegenüber den Professoren Weinhold und Rühlmann geäussert worden sind, nichts entscheidender ist, als die glaubwürdigen Aussagen von Personen, welche sich selber unter dem Einflusse Hansen's befunden haben, so mag es mir gestattet sein, hier wörtlich einige Stellen aus einem Briefe gerade desjenigen Herrn mitzutheilen, mit welchem Hr. Prof. Weinhold die meisten und interessantesten seiner Experimente angestellt hat. Der Brief ist datirt aus Chemnitz den 23. October 1879 und an Hrn. Theodor Trott, dem Geschäftsführer und Sekretair des Hrn. Hansen, gerichtet. Letzterer übergab mir diesen Brief bei seinem oben erwähnten Besuche am 24. October, da er sehr interessante Mittheilungen eines der Versuchsobjecte enthielt. Die betreffenden Stellen lauten wörtlich wie folgt:

Chemnitz d. 23. Oct. 1879.

„Seit unserem letzten Zusammensein ist das Studium der geheimnissvollen Kraft und ihre Einwirkung auf den menschlichen Körper immer noch Gegenstand der lebhaftesten Erörterungen gewesen. Hr. Dr. Opitz trug in letzter Hauptversammlung des Naturwissenschaftlichen Vereins vor: „Die Erscheinungen der Experimente Hansen's eine Frucht des Hypnotisirens.“ Er wiederholte im Ganzen dasselbe, was schon vorher die Chemnitzer Zeitung die Ehre hatte, in die Welt zu

posaunen. Zugleich machte er zum grössten Theil Fiasko mit seinen Versuchen an Fröschen, Krebsen, Mäusen, Kaninchen und Hennen. Natürlich hatte sich Prof. Weinhold vorher gründlich präparirt und mit mir verschiedene Versuche angestellt, die auch Sie zum Staunen bringen werden und Hrn. Hansen's Ansicht, die Erfolge mit der Elektricität wären eine Einwirkung von Weinhold's Person, nur bestätigten. — Ich hatte schon lange die Meinung, dass Hr. Professor Weinhold eine Kraftwirkung auf mich äussern könnte, doch konnte weder ich noch er davon festen Glauben bekommen. Wir probirten also das Streichen nach vorausgegangenem Hypnotisiren und ich fühlte zu meinem nicht geringen Erstaunen die geheimnissvolle Wirkung. Um jede Täuschung auszuschliessen, liess ich mir die Augen verbinden und bezeichnete ganz genau den Augenblick, wo mich Professor Weinhold strich. Dieses Experiment führten wir nun des Abends vor gespannter Versammlung vor, nur mit dem Unterschied, dass nebst verbundenen Augen noch die Nase und die Ohren mit Watte verstopft wurden. Unter 18 Personen, die mich so viel als möglich in ganz gleicher Weise 6 Mal bestrichen, bezeichnete ich 2 Mal mit Bestimmtheit die Personen des Hrn. Prof. Weinhold und des Hrn. Dr. Fränkel. Unter dem Einfluss von Weinhold's Person habe ich folgende scheusslich schmeckende geruchlose Substanzen mit grösster Gemüthsruhe für Wasser gehalten. Es waren: concentrirte Kochsalzlösung, desgl. Zuckerlösung, Weinsäure, kohlensaures Eisenoxydul-Ammoniak, Gerbsäure und schwefelsaures Chinin. Letztere Substanz brachte ich den ganzen Abend nicht mehr weg, so dass mir das Bier immer wie Galle schmeckte. Höchst unangenehm äusserte sich auf meinen Körper und seine Blutcirculation der Versuch, mich vom Stuhle aus weiter zu führen. Unser Staunen wuchs nur noch mehr und es gilt jetzt zu beweisen: Sind diese Erscheinungen eine Wirkung des eigenthümlichen Gefühls, welches manche Hände beim Vorübergleiten über die Haut eines Andern zu bewirken verstehen, oder ist es wirklich eine Kraft, welche vom Menschen auf den Menschen übergeht und ihn zu Handlungen in einer seinem Willen entgegengesetzten Weise veranlasst. Unsere Experimente werden correkt ausgeführt und jede Täuschung und Simulation ist ausgeschlossen. Das Resultat dürfte ein äusserst wichtiges sein. . . .“

Da der obige Brief, wie bemerkt, vom 23. October aus Chemnitz datirt ist, so werden meine Leser die Ueberraschung begreifen, welche mir durch Uebersendung der „Chemnitzer Zeitung, Organ der reichstreuen und freisinnigen Bevölkerung von Chemnitz und Umgegend“, Nr. 257 d. 3. November 1879, bereitet wurde, welche unter der Ueberschrift: „Die Versuche des Herrn Prof. Hansen und der thierische Magnetismus“ einen Aufsatz enthält mit der Unterschrift: „Chemnitz, Ende October 1879, Dr. med.

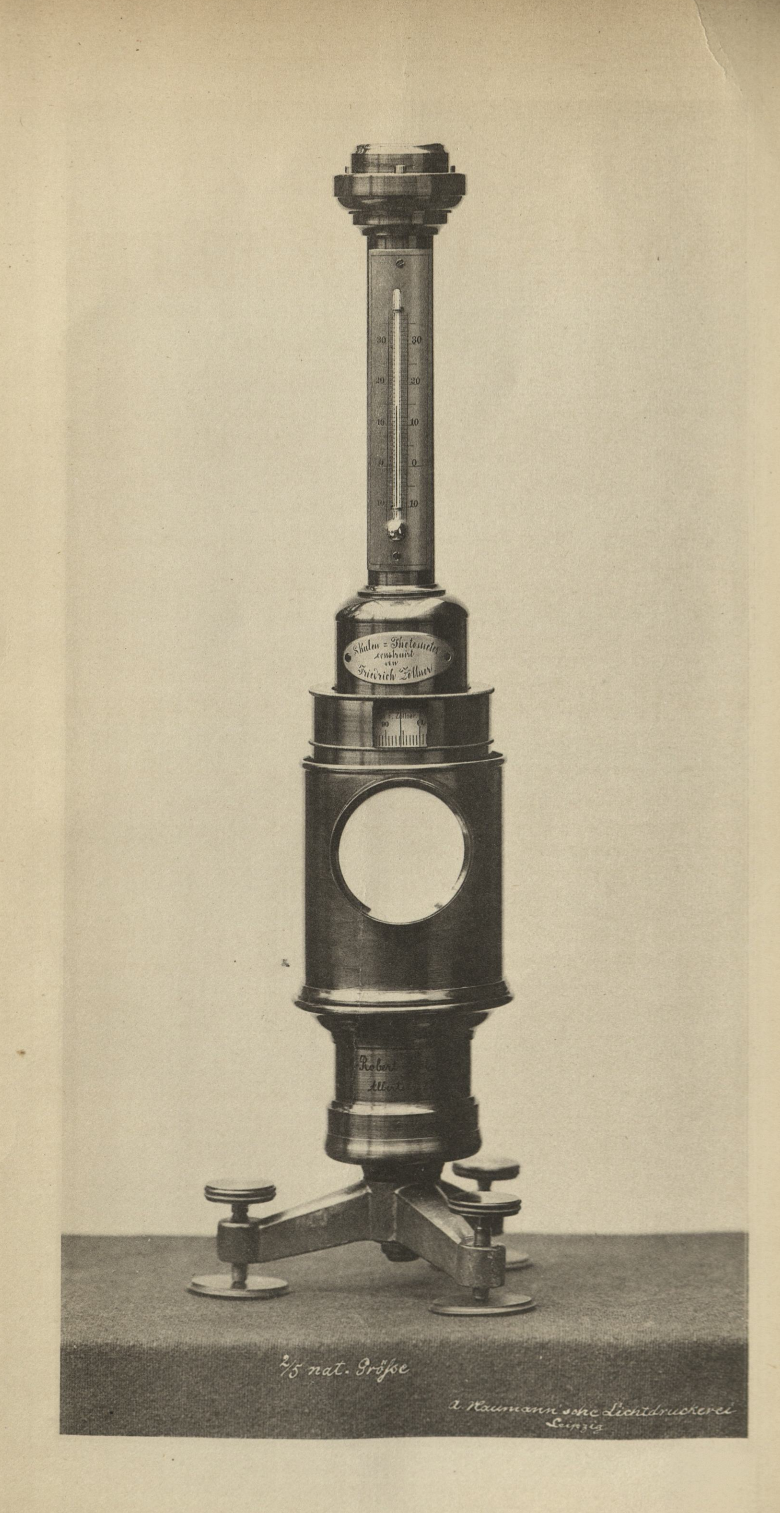
W. Opitz, Prof. Dr. R. Rühlmann, Prof. Dr. A. Weinhold.“ In diesem Aufsatze sind wörtlich folgende Stellen enthalten:

„Die Beobachtungen haben unzweifelhaft ergeben, dass es sich bei den Hansen'schen Experimenten nicht im Mindesten um eine einzelnen Personen innewohnende sogenannte magnetische Kraft oder sonst um irgend eine besondere Kraft handelt; es ist vielmehr lediglich eine eigenthümliche Beschaffenheit mancher Menschen, welche es möglich macht, unter geeigneten Umständen solche merkwürdigen Versuche mit ihnen anzustellen. . . . . für die Wissenschaft jedoch und vielleicht auch für weitere Kreise ist es nicht ohne Interesse, dass es von uns unzweifelhaft constatirt worden ist, es handelt sich bei den Hansen'schen Versuchen nicht um eine besondere, von Person zu Person wirkende Kraft, sondern lediglich um eine eigenartige Reizbarkeit mancher Personen. . . . Alle diese eigenthümlichen Erscheinungen, durch welche Herr Hansen so grossen Eindruck bei seinen Auditorien erzielt, können durch geeignete Vorbereitungen herbeigeführt werden, die jede Möglichkeit einer Art von geheimnissvollem magnetischen Rapport zwischen den Personen vollständig ausschliessen. . . . Wir hoffen und wünschen, dass diese unsere Auseinandersetzungen einigermaassen zur Aufklärung und Beruhigung dienen und zumal verhüten helfen möchten, dass abergläubische Auslegungen der Hansen'schen Versuche Platz greifen.

Chemnitz, Ende October 1879.

Dr. med. W. Opitz, Prof. Dr. R. Rühlmann, Prof. Dr. A. Weinhold.“

Der Contrast der vorstehenden Anschauungen mit den obigen, in der Chemnitzer Zeitung vom 26. Sept. 1879 von Prof. Weinhold veröffentlichten und gegen die Behauptung des Hrn. Dr. Opitz: „dass zur Erklärung der eigenthümlichen Wirkungen der sogenannten Magnetiseure und insbesondere des Herrn Hansen keine besondere, nur einzelnen Individuen eigenthümliche Kraft anzunehmen sei“, geltend gemachten Argumente ist ein so grosser, dass mir zur Erklärung dieses merkwürdigen psychologischen Phänomens vorläufig keine andere Hypothese zur Verfügung steht, als die Annahme, Hr. Dr. med. Opitz besitze selber, ohne es zu wissen, biomagnetische Eigenschaften, durch welche er die Herren Professoren Weinhold und Rühlmann so stark „hypnotisirt“ habe, dass sie ebenso wie die von Hrn. Hansen psychisch beeinflussten „Empfänglichen“ Dinge für Realitäten gehalten haben, welche für „nicht Beeinflusste“ nur Illusionen sind. Ich bitte diese meine Auffassung durchaus nicht für


Skalen = Photometer
construirt
von
Friedrich Zöllner
F. Zöllner
2/5 nat. Größe
A. Naumann'sche Lichtdruckerei
Leipzig

Ironie oder einen Scherz zu halten. Vielmehr bin ich der Ansicht, dass solche Kräfte, welche wir gegenwärtig in ungewöhnlicher Stärke an einzelnen Individuen auftreten sehen, in geringerem Grade zwischen allen Menschen wirksam sind und zu allen Zeiten gewesen sind. Die merkwürdigen Fähigkeiten des elektrischen Zitteraales *(Gymnotus electricus)* haben offenbar viele tausende von Jahren vor Entdeckung des Galvanismus existirt, bevor durch die Untersuchungen Alexander v. Humbold's und E. du Bois-Reymond's bewiesen war, dass in jedem animalisch-organischen Wesen „lautlos ein stilles Gewitter bei jedem Willensacte sich entladet". Alle Ursachen, welche im Stande sind, materielle Veränderungen an uns und in unserer sinnlichen Welt zu erzeugen, sind natürliche, gleichgültig ob uns diese Veränderungen bisher noch unbekannt waren oder nicht. Der Begriff des „Wunders" wird selbst von dem berühmten Kirchenvater Augustinus (420) lediglich nur subjectiv im Verhältniss zur jeweiligen Beschränktheit unserer menschlichen Erkenntniss definirt, indem er sagt: „Das Wunder geschieht nicht im Widerspruch mit der Natur, sondern im Widerspruch mit dem, was uns von der Natur bekannt ist."[1]) Erwägt man nun den Einfluss, den ein gewandter Redner durch lebhafte Gestikulation und den Ausdruck sittlicher Emotion in einer Volksversammlung oder im Parlament auf die Zuhörer auszuüben vermag, gleichgültig ob er gegen die einfachsten Gesetze der Logik und des gesund gebliebenen, d. h. nicht „hypnotischen" Einflüssen zum Opfer gefallenen, Verstandes seiner Zuhörer verstösst, denkt man an die geistigen Epidemien im Zeitalter der Kreuzzüge u. dgl. m., so wird es nicht schwer, diese Phänomene ihrer Gattung nach mit denjenigen in Parallele zu stellen, welche Hr. Hansen und Hr. Professor Weinhold in so überraschender Fülle an geeigneten Individuen hervorgerufen haben. Erklärt doch Letzterer sogar in seinem ersten Briefe an Herrn Geheimrath Thiersch[2]) vom 6. September d. J. bezüglich der Möglichkeit, unter Mitwirkung der Influenz-Elektricität bei andern Individuen

[1]) Augustinus, *De civitate Dei lib. XXI. cap. 8.*
[2]) Vgl. „Wissenschaftliche Abhandlungen" Bd. III. S. 633.

jede beliebig denselben vorgeredete Hallucination hervorzurufen, wörtlich Folgendes:

„Bei einem Individuum, das nicht, wie die meisten andern, unangenehme Nachwirkungen (Kopfschmerz, Mattigkeit u. s. w. bei mir, wie bei Hansen) empfand, trieb ich scherzeshalber die Sache so weit, meinen Papierkorb für einen Hund auszugeben, was willig geglaubt wurde."

Wenn also Professor Weinhold selber durch diese Worte constatirt, dass ihm unter geeigneten Bedingungen die Erzeugung so wunderbarer psychologischer Phänomene möglich ist, und a. a. O. ausdrücklich hervorhebt, dass er im Wesentlichen nur mit intelligenten und gebildeten Personen experimentirt habe, weshalb soll es nicht möglich sein, dass Hr. Dr. med. Opitz bei seinem intensiven Willen, die von ihm ausgesprochenen Ansichten auch in den Köpfen seiner Zuhörer hervorzurufen, schliesslich sogar bei seinen früheren Opponenten durch den biomagnetischen Einfluss dieses starken Willens seinen Zweck erreicht hat?

Denn dass in der That Hrn. Dr. med. Opitz sehr viel daran gelegen war, seinen Ansichten im Publicum Geltung zu verschaffen, und es andererseits bei den Hansen'schen Versuchen vorzugsweise auf einen starken Willen, nicht aber auf die hiebei vorgenommenen Manipulationen ankomme, das hat Prof. Weinhold selber in seinem Artikel vom 26. Sept. in der Chemnitzer Zeitung wörtlich durch folgende Erklärung bestätigt:

„Endlich darf aber auch nicht verschwiegen werden, dass sowohl in der sonnabendlichen Sectionssitzung der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, in welcher Schreiber dieses einige der elektrischen Versuche zeigte, als auch in der erweiterten Mittwochssitzung mit Hansen Herr Dr. Opitz sich lebhaft bemüht hat, seine Auffassung practisch zu bethätigen und dass, obwohl die Personen, welche dem Versuche unterworfen wurden, wie auch Zeit, Ort, Temperatur und alle anderen Nebenumstände für alle drei Arten von Versuchen die gleichen waren, die Versuche des Herrn Dr. Opitz absolut resultatlose blieben. Für die Auffassung, dass es sich um eine nur einzelnen Individuen eigenthümliche Wirkung handelt, spricht auch der Umstand, dass der trotz des lebhaftesten Widerwillens von Hansen zu einem Versuche herbeigeholte Herr nach Hansen's Willen und Worten handelte, ohne dass lautes Anreden von Seite anderer von ihm irgendwie bemerkt worden wäre; für einen Einfluss des Willens des Experimentirenden spricht der Umstand, dass er Jemand durch blosses

Entgegenstrecken der Hand bewusstlos machen kann, mit dem er vor- und nachher stundenlang verkehrt, ohne ihn irgendwie zu beeinflussen."

Es ist begreiflich, dass das Publicum, welches diese Anschauungen des Hrn. Professor Weinhold und namentlich seine Opposition gegen Dr. med. Opitz aus der Chemnitzer Zeitung kennen gelernt hatte, mit grösster Ueberraschung von der so plötzlich und schnell bewirkten vollkommenen Uebereinstimmung der drei Experimentatoren Kenntniss nahm. Zum Beweise, dass diese Ueberraschung nicht nur in Chemnitz, sondern auch in Dresden stattgefunden hat, erlaube ich mir hier wörtlich den Inhalt einer mir anonym aus Dresden zugegangenen Postkarte (Poststempel d. 10. Nov. 79) mitzutheilen. Dieselbe lautet wie folgt:

„In der heutigen Nummer 314 des Dresd. Anzeigers ist ein Artikel über Hansen's Experimente abgedruckt aus No. 257 der Chemnitzer Zeitung, unterzeichnet: Opitz, Rühlmann u. Weinhold mit der Zeitangabe „Ende October 1879". — Der Inhalt widerspricht den Weinhold'schen Briefen im III. Bd. der Wissensch. Abhandlungen. — No. 257 kann nur Mitte September sein u. nicht Ende October. Sollte hier eine Fälschung vorliegen?" —

Ich glaube nun in der That, dass die neuesten Versuche, durch welche die Herren Professoren Weinhold und Rühlmann so schnell zu den Ansichten des Hrn. Dr. med. Opitz bekehrt worden sind, unter einem hypnotischen Einflusse des Letzteren stattgefunden haben, denn ich muss offen bekennen, dass ich selber sogar schon beim blossen Lesen der Artikel des Hrn. Dr. Opitz einen derartigen Einfluss verspürt habe, wobei ich den Begriff des Wortes hypnotisch in seiner eigentlichen, verbalen Bedeutung als „einschläfernd" zu nehmen bitte. Was im Uebrigen die zuerst durch die Vorträge meines verstorbenen Collegen Czermak in weiteren Kreisen bekannt gewordenen hypnotischen Versuche an Thieren betrifft, so haben wir es doch auch hier mit der Wechselwirkung zweier beseelter, organischer Wesen zu thun, von denen das eine eine bestimmte Wirkung auf das andere hervorrufen will. Die Behauptung nun, diese Wirkungen seien gänzlich unabhängig von diesem Willen und nur abhängig von dem auf bestimmte Theile des Thieres ausgeübten mechanischen Druck, muss so lange als eine unbewiesene Hypo-

these betrachtet werden, als nicht mechanische Vorrichtungen, etwa nach Art der Automaten, ersonnen sind, welche an Stelle des lebenden und beseelten Experimentators die hypnotischen Versuche mit Thieren und Menschen auszuführen im Stande sind. Denn während wir es in der unbelebten, anorganischen Natur, bei unsern Versuchen über die Wechselwirkung von Körpern, mit unveränderlichen Objecten zu thun haben, sind bei den biomagnetischen und hypnotischen Versuchen die in Wechselwirkung tretenden Körper wollende und vorstellende Subjecte. Ist daher das Resultat der Wechselwirkung abhängig von dem Inhalte und der Beschaffenheit des Willens und Vorstellens, so sind *a priori* bei dem Wechsel dieses Inhaltes auch mannigfach wechselnde Wirkungen zu erwarten. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes finden die bunt wechselnden Resultate, welche die Herren Professoren Weinhold und Rühlmann bei ihren neuesten „hypnotischen" Versuchen erhalten haben, ihre einfache Erklärung in voller Uebereinstimmung mit der ursprünglich von Hrn. Professor Weinhold selber den entgegengesetzten Anschauungen des Hrn. Dr. med. Opitz gegenüber verfochtenen Ansicht von „einem Einfluss des Willens des Experimentirenden" auf die seinen Experimenten unterworfenen Subjecte. Entsprechend dieser ursprünglichen Ueberzeugung des Hrn. Prof. Weinhold hat bereits Kieser[1]) vor 54 Jahren in seinem „Tellurismus" behauptet:

[1]) Kieser, (Dietrich Georg), Geheimer Hofrath und ordentlicher Professor der Medicin an der Universität Jena, geb. 24. August 1779 zu Harburg. Im Jahre 1812 wurde er als Professor der Medicin nach Jena berufen, wo er allgemeine und specielle Pathologie und Theraphie, Geschichte der Medicin, Anatomie und Physiologie der Pflanzen und über thierischen Magnetismus vortrug. Von 1831—48 war er Vertreter der Universität am weimar. Landtage, der ihn 1844—48 zu seinem Vicepräsidenten ernannte, als welcher er auch 1848 dem frankfurter Vorparlamente beiwohnte. Von 1831 — 47 dirigirte Kieser eine medicinisch-chirurgische und ophthalmologische Privatklinik, die er aber, 1846 zum Director der grossherzogl. Irren-Heil- und Pflegeanstalt ernannt, 1847 mit einer psychiatrischen Klinik vertauschte. Zu der Direction der öffentlichen Anstalt eine Privatanstalt für Geisteskranke hinzufügend, widmete er von dieser Zeit an vorzugsweise den Geisteskrankheiten seine praktische Thätigkeit. Die deutsche und wahrschein-

„dass kein magnetischer Akt ohne den Willen wirksam ist, hingegen der blosse Wille, ohne äusseren Akt, jede magnetische Wirkung hervorbringen kann. Die Manipulation scheint nur ein Mittel zu sein, den Willensact und seine Richtung zu fixiren und gleichsam zu verkörpern." (Vergl. „Wissenschaftl. Abhandl." Bd. III S. 460.)

„Insofern die Hände des Menschen als diejenigen Organe, welche die handelnde Thätigkeit des Menschen (d. i. den Willen) am sichtbarsten ausdrücken, die wirkenden Organe beim Magnetisiren sind, entsteht die magnetische Manipulation." (Kieser a. a. O. Bd. I. S. 379.)

Jean Paul berichtet in einem Briefe[1]) über einen von ihm selber ausgeübten biomagnetischen Einfluss ohne irgend welche Manipulation wörtlich:

„Ich habe in einer grossen Gesellschaft eine Frau v. K. durch blosses festwollendes Anblicken, wovon Niemand wusste, zwei Mal beinahe in Schlaf gebracht, und vorher zu Herzklopfen, Erbleichen, bis ihr S. helfen musste."

Im Hinblick auf die Wichtigkeit derartiger, durch die Persönlichkeit des Berichterstatters verbürgter, Wechselwirkungen des Willens von räumlich getrennten menschlichen Individuen, sei es mir gestattet, hier noch ein Experiment Hansen's anzuführen, für dessen Thatsächlichkeit ich mich allerdings nicht persönlich verbürgen kann, da ich nicht selber Augenzeuge der berichteten Vorgänge gewesen bin. Es beruht vielmehr, wie das von mir im dritten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" S. 532 beschriebene Experiment mit den Diamantringen in der Familie des Hrn.

---

lich auch die Weltliteratur verdankt diesem verdienten Manne das bis jetzt ausführlichste Lehrbuch über thierischen Magnetismus unter dem Titel: „System des Tellurismus oder thierischen Magnetismus" (2 Bde. 2. Aufl. Leipzig 1826). Es wird jedenfalls den Herren Professoren Weinhold und Rühlmann zur Genugthuung gereichen, sich bezüglich ihrer ursprünglichen Anschauung mit einem Manne wie Kieser in voller Uebereinstimmung zu wissen, welcher an Erfahrung, wissenschaftlichen Verdiensten und Stellung jedenfalls als Autorität der Autorität des Hrn. Dr. med. Opitz in Chemnitz gegenübergestellt werden darf. Ich zweifle daher auch nicht, dass ein möglichst sorgfältiges und eingehendes Studium der Werke Kieser's in therapeutischer Beziehung das beste Mittel für alle Diejenigen ist, welche in Chemnitz vorübergehend durch die Vorträge, Reden und Handlungen des Hrn. Dr. med. Opitz psychisch beeinflusst oder „hypnotisirt" worden sind.

[1]) Abgedruckt in „Wahrheit aus Jean Paul's Leben" Bd. 8. S. 120.

Juweliers Ehrenwerth (Berlin, Jerusalemer Str. Nr. 39), lediglich auf der Glaubwürdigkeit des Hrn. Hansen und eines hier in Frage kommenden Hrn. Max Köhler aus Leipzig,[1]) den ich an verschiedenen Stellen im dritten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“ (S. 457) als eine für den Einfluss Hansen's äusserst empfängliche Persönlichkeit erwähnt habe, wovon ich selber bei den verschiedensten Experimenten Hansen's Zeuge gewesen bin.

Hr. Max Köhler hatte nach der Abreise Hansen's von Leipzig selber Versuche angestellt, um andere Personen zu „magnetisiren“, da ihm Hr. Hansen gesagt hatte, dass allen Menschen biomagnetische Kräfte, nur in verschiedenem Grade, eigenthümlich seien. Dieselben müssten nur geübt werden und er zweifle nicht, dass, wenn dies nach Beseitigung der Vorurtheile gegen derartige Experimente erst allgemeiner geschehen würde, sich eine viel grössere Anzahl sogenannter „Magnetiseure“ finden werden, welche dieselben Wirkungen wie Hr. Hansen auf geeignete Persönlichkeiten auszuüben vermöchten. Ich glaube, dass dieser Ausspruch Hansen's bereits eine glänzende Bestätigung durch die in Chemnitz von den Hrn. Professoren Weinhold und Rühlmann angestellten Versuche erhalten hat. Hr. Max Köhler versuchte nun unter Anwendung der von Herrn Hansen ausgeführten Manipulationen andere Personen zu magnetisiren. Es gelang ihm dies auch u. A. bei seiner 7jährigen Schwester so vollständig, dass er im Stande war, den ganzen Körper des Kindes in magnetische Starre zu versetzen und dieselbe in diesem Zustande, ganz wie Hr. Hansen dies that, über zwei von einander entfernte Stühle zu legen, so dass auf dem einen die Füsse, auf dem andern der Kopf lagen[2]). Als bemerkenswerthen Umstand hob Hr. Köhler hervor, dass ihm die erfolgreiche Beeinflussung gerade derjenigen Personen, welche dem Einflusse Hansens unterlagen, weniger gut oder gar nicht gelungen sei. Alle diejenigen, welche persönlich den Productionen

[1]) Der 18jährige Sohn des hiesigen Steindruckerei-Besitzers Friedrich Köhler (Neumarkt 16).

[2]) Vgl. die Abbildungen Taf. IX. im dritten Bande meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen“.

Hansen's beigewohnt haben, werden dessen ausserordentlich grosse körperliche Anstrengung bei einigen Experimenten beobachtet haben. Da diese Anstrengung auch Hr. Köhler anwandte, was ihn physisch in hohem Grade angriff, so hat er auf den dringenden Rath Hansen's, unterstützt von den Wünschen seiner Eltern, diese Versuche eingestellt.

Für das Verständniss dieser merkwürdigen Erscheinungen ist es offenbar von hohem Interesse, nähere Auskunft über die subjectiven Empfindungen, sowohl bei dem „Magnetiseur" als den von ihm „Magnetisirten" zu erhalten; zu diesem Zwecke lud ich Hrn. Max Köhler eines Abends ein, um in Gesellschaft meiner Collegen Fechner und Scheibner das Abendbrot mit uns einzunehmen. In unbefangener und natürlicher Weise gab uns derselbe über alle an ihn gerichteten Fragen Auskunft und wiederholte hierbei die mir bereits früher gemachte Mittheilung des folgenden Experimentes: Hr. Hansen hatte sich nach Beendigung seiner Vorstellungen in der hiesigen Centralhalle auf kurze Zeit nach London begeben, um seine Frau von dort abzuholen. Er nahm von den ihm persönlich näher getretenen Personen besonders freundlichen Abschied und bemerkte hierbei Hrn. Köhler, er beabsichtige mit ihm ein Experiment aus der Ferne zu machen; er solle in den nächsten Tagen auf sich achten, denn Hansen beabsichtige lebhaft zu einer bestimmten Zeit an ihn zu denken. Hr. Köhler versicherte uns nun, dass er diese Aufforderung wenig beachtet habe, indessen sei er am nächsten Tage gegen Abend um 6 Uhr, ohne irgend an Hansen zu denken, plötzlich während seiner Arbeit erstarrt und bewusstlos umgefallen und sei erst nach längerer Zeit mit Unterstützung anderer Personen wieder in seinen normalen Zustand versetzt worden. Erst jetzt habe er sich des ihm von Hansen versprochenen Experimentes erinnert, und als ich Herrn Hansen bei seiner Rückkehr nach Leipzig über diesen Vorfall berichtete, bestätigte er mir, dass er sich um dieselbe Zeit in Berlin befand, und dort den versprochenen Versuch durch lebhafte Concentrirung seiner Vorstellungen auf die Person des Hrn. Max Köhler angestellt habe. Am 20. November wurde ich unerwartet durch einen mehrstündigen

Besuch Hansen's erfreut. Ich benutzte diese Gelegenheit, ihm die Beschreibung des soeben erwähnten Experimentes vorzulesen, die er als vollkommen wahrheitsgetreu bestätigte. Gleichzeitig theilte er mir in Uebereinstimmung mit Herrn Trott mit, dass auch Hr. Ehrenwerth inzwischen meinen Bericht gelesen, denselben für vollkommen correct halte und mir dies in den nächsten Tagen mit Angabe der Zeugen schriftlich bestätigen wolle.

Jeder Unbefangene sieht ein, dass zur „Erklärung“ dieses Experimentes die „hypnotische“ Theorie des Hrn. Dr. med. Opitz und seiner Anhänger vollkommen unzureichend ist. Der Glaubwürdigkeit und dem persönlichen Vertrauen des Hrn. Hansen aber, welches er sich durch sein ebenso taktvolles als unerschrockenes Auftreten in allen Schichten des deutschen Publicums erworben hat, glaube ich kein besseres und zugleich ermuthigenderes Zeugniss ausstellen zu können, als dies mein College Ludwig Matthiessen, Professor der Physik an der Universität zu Rostock, in folgendem Briefe gethan hat, nachdem er selber von Hrn. Hansen erfolgreich magnetisirt worden war. Der Brief hat mir im Original vorgelegen und lautet wörtlich wie folgt:

„S. T.
Herrn Professor Carl Hansen.

Rostock, d. 20. Juli 79.

Sehr geehrter Herr!

Ich wollte nicht unterlassen, Ihnen noch meinen besonderen Dank und meine besondere Anerkennung Ihrer Leistungen und Ihrer Befähigung, biomagnetische Experimente anzustellen, hierdurch Ausdruck zu geben. Ich befand mich unter den sechs Probeobjecten während Ihres gestrigen Vortrages in der Societät in Gegenwart der grossen Corona von wissenschaftlichen Capacitäten.

Ich habe die Ehre zu zeichnen

Ludwig Matthiessen,
Professor der Physik an der Universität.“

3. Bestätigendes Zeugniss des Hrn. Ehrenwerth über erfolgreich mit ihm von Hrn. Professor Hansen angestellte biomagnetische Versuche.

Soeben, vor Abschluss der vorliegenden Schrift, geht mir von Herrn Juwelier Ehrenwerth (Firma: Wilhelm Rodeck, Berlin, Jerusalemer Str. 39) der folgende Brief zu, dessen Empfang mir, wie oben bemerkt, von Hrn. Hansen bereits in Aussicht gestellt worden ist.

Im Hinblick auf die ausserordentlich grosse wissenschaftliche Tragweite der in Folgendem von glaubwürdigen Personen berichteten Thatsachen und eingedenk der vor 113 Jahren ausgesprochenen Worte[1]) unseres grossen Philosophen Kant:

„welche erstaunliche Folgen zieht man hieraus, wenn auch nur eine solche Begebenheit als bewiesen vorausgesetzt werden könnte!“

wird es mir Hr. Ehrenwerth gestatten, seinen folgenden Brief hier wörtlich abzudrucken. Derselbe lautet:

Berlin, d. 21./11. 79.

Hochgeehrter Herr Professor!

Bei seinem letzten Hiersein überreichte mir Herr C. Hansen den III. Band Ihrer: Wissenschaftlichen Abhandlungen, in welchem Sie ein Experiment anführen, welches obiger Herr mit mir ausführte. Ich kann in der That nur bestätigen, dass der ganze Hergang genau so war wie ihn Herr C. Hansen Ihnen mitgetheilt hat. Ich habe die Ringe aber vollständig unbewusst Herrn Hansen übergeben, denn als mich derselbe wieder in meinen realen Zustand versetzt hatte, wusste ich durchaus nicht, wie die Ringe in Herrn Hansen's Besitz gekommen waren. Derselbe führte damals noch mehrere Experimente mit mir aus. Er zog mich durch die Zimmer, gab mir ein Kissen als Kind, welches ich warten sollte u. s. w. Es waren bei diesen Experimenten Herr Otto Troitzsch, Besitzer des Königl. Hof-Kunstinstituts hierselbst, Ritter-Str. 92, ein Herr Erichsen, Markgrafen-Str. 98 und noch mehrere Bekannte zugegen. Vor einigen Tagen brachte nun Herr Hansen auf seiner Durchreise einen Abend bei mir zu und hatte ich zum Zweck des Experimentirens wieder mehrere Freunde eingeladen, welche durchaus nicht an die Kraft des Herrn Hansen glauben wollten. Es waren u. A. Herr Schul-Inspector Dr. Berthold, Seidel-Str. 30, Herr Jean Kohlweck, Neue Schönhauser-Str. 6, Herr Hoflieferant W. A. Lantz, Wilhelm-Str. 52, und noch mehrere Herren.

---

[1]) Kant's Werke Bd. VII. S. 32 ff.

Herr Prof. Hansen brachte nun ein kleines 9jähriges Mädchen[1]) in magnetischen Schlaf und versuchte nun verschiedene Experimente mit demselben anzustellen. Er überzeugte uns vollständig, dass das Kind gefühllos war, indem er eine Stecknadel durch ihre Hand stach. Er machte das Kind dann durch Bestreichen steif, legte es, wie Sie es öfter beschrieben haben, zwischen zwei Stühle und setzte dann einen schweren Polsterstuhl darauf. Herr Hansen sagte uns, er wolle nun sehen, ob das Kind auch auf einem Bein liegen würde und hob den einen Fuss in die Höhe. Zu unser aller Erstaunen blieb der Fuss in dieser Stellung und ruhte der Körper des Kindes nur auf dem Hinterkopf und einem Fuss. Herr Hansen versuchte nun noch ein hochinteressantes Experiment, da er fand, dass das Kind äusserst sensitiv sei. Er wollte sehen, ob das Kind hellsehend wäre. Das Kind wurde wieder eingeschläfert auf einen Stuhl gesetzt. Herr Hansen ersuchte nun einen der Herren, nach dem anderen Zimmer zu gehen und soviel Finger in die Höhe zu heben wie ihm beliebt. Herr Dr. Berthold ging infolge dessen in das anstossende Zimmer und schloss die Thür hinter sich. Nun rief Herr Hansen das Kind laut beim Namen, worauf keine Antwort erfolgte. Herr Hansen erklärte uns, dass ein in diesen Zustand versetzter Mensch nicht mit den Ohren, sondern an irgend einer andern Stelle des Körpers hört, welche man sich erst suchen müsse. Er fand auch bei dem Kinde, dass es unterhalb der Brust hörte. Er fragte dann, ob es sehen könnte, worauf es mit ja antwortete. Auf die Frage, ob es Jemand im Nebenzimmer sehen könne und wie derselbe aussieht, beschrieb sie uns Herrn Dr. Berthold sogar so genau, dass sie sagte, er habe einen Orden. Nach der Farbe des Ordensbandes gefragt, sagte sie gelb. In der That hatte Herr Dr. Berthold das Band der Rettungs-Medaille ein. Nun wurde gefragt, wieviel Finger der betreffende Herr in die Höhe halte, und bekamen die Antwort: vier, was auch zutraf.[2]) Ich muss nochmals bemerken, dass die Thür

---

[1]) Das oben erwähnte 9jährige sensitive Mädchen ist die Tochter des Herrn Schuhmachermeisters Lobenstein (Berlin, Gollnow Str. 32[b]), bei welchem Hr. Theodor Trott, der Sekretair und Geschäftsführer Hansen's, seit längerer Zeit arbeiten lässt. Diese Mittheilung wurde mir von Hrn. Trott am 20. November in Gegenwart Hansen's, seiner Frau und meiner Mutter gemacht.

[2]) Ich erlaube mir bei Erwähnung dieses interessanten Falles von sogenanntem Hellsehen (*Clairvoyance*) zu bemerken, dass Professor Breslauer in Berlin (Dorotheen-Str. 46) gleichfalls dieselben Erscheinungen constatirt hat, und zwar unter dem Einfluss eines biomagnetischen Einflusses, den er selber in ähnlicher Weise wie Hr. Hansen auf hierzu geeignete Persönlichkeiten auszuüben vermag. Die hohe praktische Bedeutung, welche diese biomagnetischen Wechselwirkungen für die Medicin erlangen werden, erhellt aus dem Umstande, dass Professor Breslauer bereits erfolgreich schmerzhafte Operationen (z. B. das Aus-

zum Nebenzimmer geschlossen war und folglich keiner von uns, auch Herr Hansen nicht, wissen konnte, wieviel Finger hochgehalten wurden. Nach diesem experimentirte Herr Hansen mit mir. Er schläferte mich ein, zog mich, indem ich die Augen geschlossen hatte, durch die Stuben, ging dann leise an mir vorüber und zog mich so rückwärts wieder zurück. Ich war mir von alle dem nichts bewusst. Nachdem nun Herr Hansen noch Frau Lantz und einen Herrn Zickendraht, wohnhaft Linien-Str. 111, magnetisirte, so dass die Betreffenden nicht die Augen und Mund öffnen konnten, schloss die Sitzung, welche auch den Ungläubigsten von uns gläubig gemacht hat. Ich erlaube mir, Herr Professor, Ihnen obige Mittheilungen zu machen, da ich glaubte, dass es Sie interessiren würde, die Bestätigung des Experimentes mit mir in Händen zu haben. Sollten Sie, Herr Professor, einmal nach Berlin kommen, so würde ich es mir zur ganz besonderen Ehre anrechnen, wenn Sie mich dann besuchen würden. Ich könnte Ihnen dann die verschiedenen Empfindungen und Eindrücke, welche ich beim Magnetisiren hatte, besser noch mündlich auseinandersetzen.

Hochachtungsvoll

L. Ehrenwerth
in Firma W. Rodeck,
Jerusalemer-Str. 39.

4. Ueber vierdimensionale Knotenschürzung in den mythischen und abergläubischen Zeiten des deutschen Volkes.

Im Anschluss an die vorstehenden Mittheilungen, welche jedem Unbefangenen den Beweis liefern werden, dass eine grosse Anzahl von wunderbaren Erscheinungen, die aus früheren Zeiten berichtet wurden, nicht blos auf Täuschungen und Aberglauben beruhen, sondern im Lichte einer fortgeschrittenen naturwissenschaftlichen Erkenntniss zur Bestätigung theoretischer Erkenntnisse dienen können, erlaube ich mir folgende Worte aus einem Werke mitzutheilen, dessen Verfasser ein als Gelehrter und practischer Arzt hochgeschätzter Mann[1]) war. Ich thue dies ausschliesslich deshalb, um zu

---

ziehen von Zähnen) unter magnetischer Beeinflussung seiner Patienten ausgeführt hat, wie er dies bei seiner letzten Anwesenheit in Leipzig am 16. November d. J. sowohl Hrn. Geheimrath Thiersch als mir gegenüber versichert hat.

[1]) „Das magische Geistesleben". Ein Beitrag zur Psychologie von Dr. Heinr. Bruno Schindler, Königl. Preuss. Sanitätsrathe, prakt. Arzte, Operateur u. Geburtshelfer zu Greiffenberg i. S., Mitglied der Kaiserl.

zeigen, dass mein Knotenexperiment, dessen **Möglichkeit** ich aus der Realität eines Raumes von 4 Dimensionen erschlossen hatte, durchaus nicht neu ist, sondern im sogenannten „ungebildeten“ und „unwissenden“ Volke eine seit uralten Zeiten bekannte Erscheinung ist, welche in den mythischen Zeiten unserer germanischen Vorfahren den Göttern und Heroen, in den abergläubischen Zeiten des Mittelalters aber den Hexen und Dämonen zugeschrieben wurde. — Die betreffenden Worte befinden sich auf S. 312 u. 313 der unten citirten Schrift und lauten wörtlich wie folgt:

„Eine andere sich seit der Mythe wiederholende Erscheinung ist das Flechten und Binden, das Schürzen und Lösen von Knoten. Was in deutscher Mythe von den weissen Frauen erzählt wird, wie sie die Mähnen der Pferde und die Schwänze der Kühe flechten; was Frau Holle thut, die das Gespinnst verwirrt und die Haare; was der Nachtmar kann, der den Pferden Mähne und Schweif in Knoten knüpft, die Niemand lösen kann: das können unsere modernen Zauberinnen auch. In den Spinnstuben verwirrt sich oft das Gespinnst an der Weife, ohne dass man die Ursache ergründet, und der Weber kann kein Stück zu Stande bringen; denn wenn er das Garn kocht, so ist es so verfitzt, dass es Niemand lösen kann, und bringt er es auf den Webstuhl, so zerschneidet es eine unbekannte Hand. Aehnliche Erscheinungen werden aus der Nähe der Besessenen berichtet. Die Hexen erhalten selbst ihren Beinamen: „Bilmitz“ von dem Verwickeln der Haarzöpfe, denn bilbitzen gebraucht Hans Sachs für Verwickeln der Haare, und „Trutenzopf“ ist die Bezeichnung für wirres, nicht zu lösendes Gebinde. Der berühmte Arzt Hollerius, der alle Geschichten der Art als Täuschung verlachte, wurde zu dem Geständnisse einer übernatürlichen Einwirkung genöthigt, als er ein Mädchen beobachtete, das plötzlich in seiner und vieler anderer Personen Gegenwart an einen Pfosten oder ihr Bette gebunden wurde, so dass die Bindfaden, Hanf oder Rosshaare, nicht zu lösen waren und durchschnitten werden mussten. Verschloss man bei der Frau Hauf des Abends die Küchenthür noch so fest und band man sie sogar mit Stricken zu, so stand sie doch am Morgen offen. Cotton Mather erzählt, wie bei den Zaubereien in Salem es den Leuten die Hände fest mit Stricken zusammengebunden habe. Den Kindern des Godwin in Boston wird eben so, wie dem Prof. Schuppert und seiner Frau der Hals mit festen Stricken zusammengezogen, so dass nur fremde Hülfe sie vor dem Erwürgen schützen kann. Im Hause des Dr. Phleps

---

Carolinisch-Leopoldinischen *Academia naturae curiosorum*, der medicinischen Gesellschaft in Leipzig, der naturforschenden Gesellschaft in Görlitz, Präsidenten der Gesellschaft schlesischer Aerzte zur Förderung des Medicinalwesens. Breslau, Verlag von Wilh. Gottl. Korn. 1857.

in Connecticut wurden aus allen möglichen Gegenständen in einem verschlossenen Zimmer Puppen von unbekannter Hand zusammengebunden, und bei der Grambach in Orlach wurden 1831 nicht nur die Kühe an einen andern Ort gebunden, sondern auch ihre Schwänze so kunstreich geflochten, als hätte es der geschickteste Bortenmacher gethan. Machte man die Flechten der Schwänze auseinander, so wurden sie bald wieder von unsichtbarer Hand geflochten, und das mit einer solchen Geschwindigkeit, dass, wenn man sie kaum gelöst hatte und sogleich wieder in den menschenleeren Stall zurückkehrte, die Schwänze auch bereits wieder allen Kühen auf das kunstreichste geflochten waren, und das hintereinander vier bis fünf Mal. Das Losbinden der Kühe im Stall, so wie das Verknüpfen der Stränge wiederholte sich in Stöckigt öfterer. Hieran schliesst sich das Oeffnen der Schlösser und Thüren. Kallisthenes erzählt, dass vor der Schlacht bei Leuktra die Schlösser und Riegel am Tempel des Herkules aufgesprungen. Auch Porphyrius erwähnt der Kraft Thüren zu öffnen. Albertus Magnus berichtet von zwei Geschwistern in Deutschland, welche die Gabe hatten, Thüren durch blosse Berührung zu öffnen, und zwar merkwürdiger Weise das eine mit der rechten, das andere mit der linken Hand; auch Tritheim erzählt, wie er Leute gekannt, die mit Wort und Berührung die stärksten Schlösser aufgesprengt; gleicherweise wird in dem Berichte des Jesuiten-Collegiums zu Moosheim an den Ordens-General von einem jungen Menschen erzählt, der Schlösser geöffnet, und in dem berühmten Aufsatze rühmt Roger Baco von sich, dass er die Kunst kenne, ohne alle Hülfe Banden zu lösen und Schlösser zu sprengen. Das Oeffnen der Schlösser und Thüren wiederholt sich in allen Spukgeschichten. In Stöckigt nützte alle Veränderung der Schlösser nichts, sie wurden demungeachtet geöffnet."

5. Professor Fechner's Stellung zum Spiritismus.

Während ich mich in den ersten Bänden meiner „Wissenschaftlichen Abhandlungen" nur auf die mir mündlich von meinen Freunden ertheilte Erlaubniss, sie als Zeugen für die Realität spiritistischer Erscheinungen nennen zu dürfen, beschränkt war, bin ich gegenwärtig durch das Erscheinen von Fechner's Schrift: „Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht" (Leipzig bei Breitkopf & Härtel 1879) in der angenehmen Lage, meinem hochverehrten Freunde Fechner selber das Wort in dieser Angelegenheit zu überlassen. Ich thue das um so lieber, als ich bei der Antipathie, welche Fechner diesen Erscheinungen vom Standpunkte seiner Weltanschauung entgegenbringt, nicht wünsche, dass seine philosophische Auffassung von der Bedeutung des Spiritismus

mit der meinigen, hiervon abweichenden, confundirt werde. Dass aber durch diesen Umstand die Bedeutung der Fechner'schen Ueberzeugung von der Realität der spiritistischen Erscheinungen nur eine um so grössere und in unserer Zeit ein um so schöneres Zeichen von unerschrockener Wahrheitsliebe ist, das besagen seine folgenden Worte:

„Habe ich mich im Vorigen der Thatsächlichkeit des Spiritismus angenommen, so geschah es, wie nicht minder aus dem Vorigen ersichtlich, nicht aus Sympathie für ihn, sondern weil der Sache und den Personen ihr Recht zu geben ist; denn so gern man den ganzen Spiritismus um jeden Preis beseitigen möchte, ist doch der Preis der Wahrheit dafür zu gross." (S. 272 a. a. O.)

Die Worte nun, mit denen Fechner sich ausführlich über seine und Wilhelm Weber's Theilnahme an meinen Experimenten mit Hrn. Slade ausspricht, befinden sich auf S. 268 a. a. O. und lauten wörtlich wie folgt:

„Zöllner hat in dem Berichte, den er in seinen „Wissensch. Abh." von den in Leipzig mit dem Amerikanischen Medium Slade abgehaltenen spiritistischen Sitzungen gegeben, ausser dem Zeugnisse von W. Weber und Scheibner auch meines Zeugnisses dafür gedacht; und ich entziehe mich diesem Zeugnisse nicht, nur dass es viel weniger weit reicht und sogar für mich selbst weniger in's Gewicht fällt, als das von Zöllner selbst und seinen andern Mitbeobachtern. Ich bin nämlich nur bei ein paar von den ersten jener Sitzungen, die nicht zu den entscheidendsten gehörten, gegenwärtig gewesen, auch das vielmehr nur als Zuschauer, denn als Experimentator, was keinesweges hingereicht haben würde, auch nur für mich selbst, dem Verdacht von Taschenspielerei gegenüber, von durchschlagender Beweiskraft zu sein. Nehme ich aber das, was ich doch selbst gesehen, ohne bei geschärftester Aufmerksamkeit eine Täuschung entdecken zu können, mit den Resultaten fortgesetzter Beobachtungen und wirklicher Experimente meiner wissenschaftlichen Freunde in den späteren Sitzungen und mit denen der englischen Forscher zusammen, nehme ich ferner hinzu, dass dieselben Phänomene, die man hier als Schwindel und Taschenspielerei verdächtigt, anderwärts auch durch Vermittelung von Medien, die jedem Verdacht in dieser Beziehung überhoben waren, von guten Beobachtern constatirt sind, so übt das einen Zwang der Ueberzeugung auf mich, dem ich mich nicht zu entziehen vermag, so sehr ich es in Betreff gewisser Phänomene auch möchte."

„Ja, so unglaublich die spiritistischen Thatsachen von vornherein erscheinen mögen, hiesse es doch meines Erachtens, den Glauben an Personen und die Möglichkeit, Thatsachen durch Beobachtungen zu constatiren, überhaupt aufgeben, hiemit alle Erfahrungswissenschaft preisgeben, wollte

man der Masse und dem Gewicht der Zeugnisse, die für die Thatsächlichkeit spiritistischer Phänomene vorliegen, nicht weichen. Ohne die Masse der Stimmen zu berücksichtigen, will ich hier nur von einigen Stimmen sprechen, auf welche Bezug zu nehmen, nicht nur mir selbst am nächsten liegt, sondern auch dem Zeitinteresse am meisten entsprechen dürfte.“

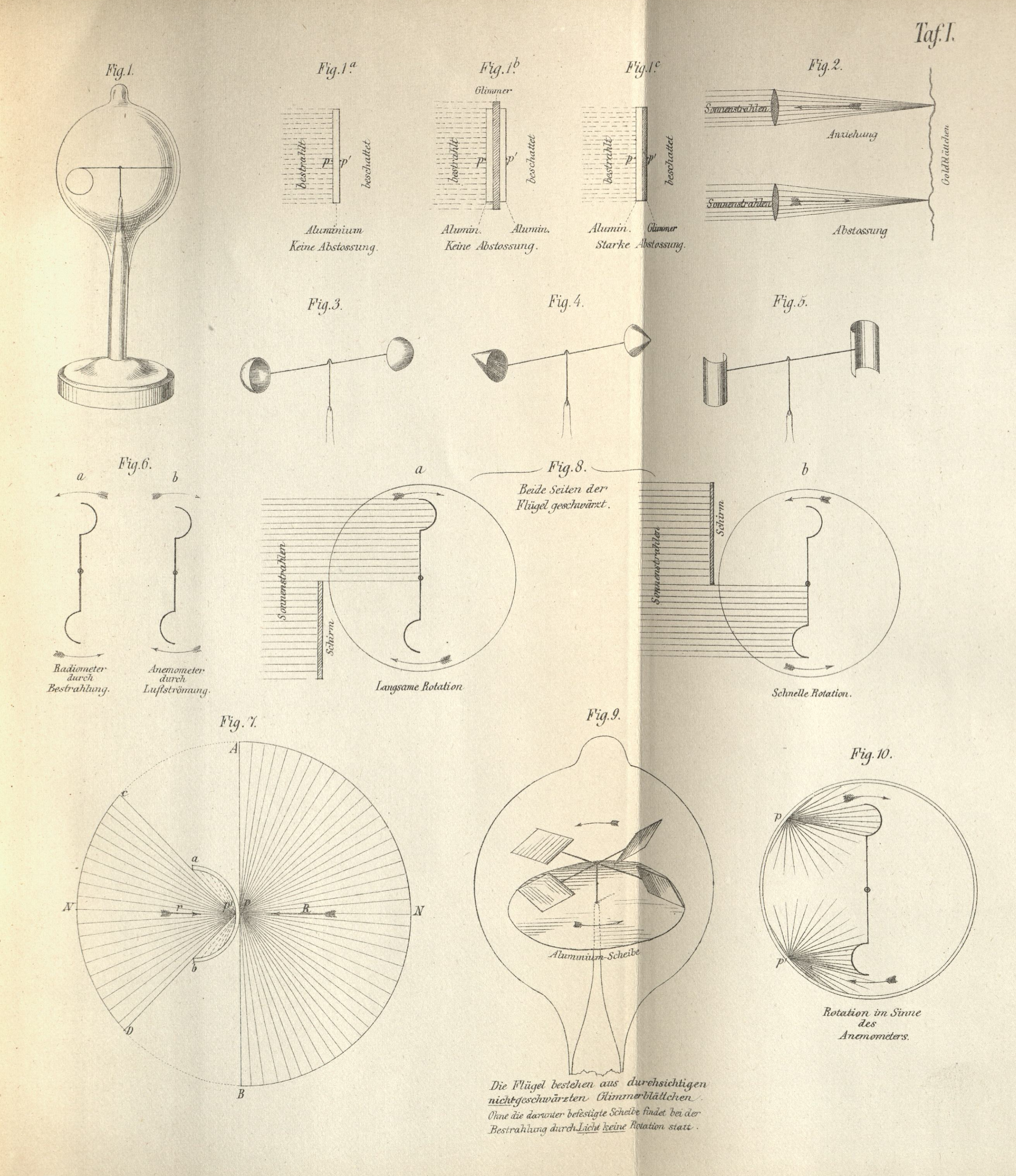
„Wenn man Zöllner, der für Deutschland als Hauptvertreter der Thatsächlichkeit spiritistischer Phänomene gelten kann, so gut als mich, der keine selbständige Autorität als Beobachter in diesem Felde in Anspruch nimmt, aber seine Beobachtungen mit vertritt, für einen Phantasten erklärt, welcher sieht, was er sehen will, so möchte man doch erst zusehen, wo er sich je im Beobachtungsgebiete als solchen bewiesen hat, und ob seine schönen, für die exacte Naturwissenschaften fruchtbaren Erfindungen und Entdeckungen Phantasien sind. Sollte man doch darauf bestehen, die Kühnheit, mit welcher er Schlüsse auf Thatsachen baut, mit schlechter Beobachtung von Thatsachen zu verwechseln, und der Persönlichkeit seiner Kritik, die ich nicht vertreten will, mit Aechtung seiner Person zu begegnen, was heisst Schlag mit Todtschlag erwidern, so steht ja das, was er von spiritistischen Thatsachen berichtet hat, nicht blos auf seiner Autorität, sondern auch der Autorität eines Mannes, in dem sich sozusagen der Geist exacter Beobachtung und Schlussweisen verkörpert hat, W. Weber's, dessen Ruhm in dieser Beziehung nie eine Anfechtung erfahren hat bis zu dem Momente, wo er für die Thatsächlichkeit spiritistischer Phänomene eintritt. Wenn man ihn aber von diesem Momente an für einen schlechten Beobachter, der sich von einem Taschenspieler hat düpiren lassen oder für einen Phantasten, der sich von einer Voreingenommenheit für mystische Dinge hat verführen lassen, hält, so ist das etwas stark oder vielmehr schwach und dennoch solidarisch mit der Verwerfung seines Zeugnisses. Meinerseits gestehe ich, dass, nachdem er in einer ganzen Folge von Sitzungen zusammen mit Zöllner und zumeist auch Scheibner, einem der schärfsten und strengsten Mathematiker, den von Slade producirten Experimenten nicht etwa blos einfach zugesehen, sondern solche selbst in die Hand genommen und alle Mittel und Massnahmen dazu in der Hand gehabt, ein Wort seines Zeugnisses für die Thatsächlichkeit der spiritistischen Phänomene mir mehr wiegt, als Alles, was Seitens solcher dagegen geredet oder geschrieben worden ist, die selbst nichts in diesem Felde gesehen, oder nur einmal so zugesehen haben, wie man Taschenspielern zusieht, und die sich hienach berechtigt halten, von objectiven Taschenspielereien zu sprechen. Doch ist W. Weber nur einer unter einer Reihe achtbarster Forscher, die nach gleich sorgfältiger Prüfung für die Thatsächlichkeit solcher Phänomene einstehen, gegenüber der Menge Solcher, die sozusagen aus der Ferne mit Steinen nach ihnen werfen, d. h. alle möglichen unbestimmten Verdachtsgründe gegen sie häufen, an die sich denken oder auch nach der Sachlage nicht denken lässt, und damit meinen, etwas gethan zu haben. Die Oberflächlichkeit in diesem Felde liegt jedenfalls vielmehr auf Seiten der Bestreiter als Vertreter des

Spiritismus; wobei ich natürlich nur solche Vertreter zähle, die auch ausserhalb des Spiritismus zählen. Ja, wäre der Spiritismus eine Verkehrtheit, so wären die Mittel, die man gegen ihn braucht, noch verkehrter; und dass man doch keine besseren gegen ihn findet, spricht selbst dafür, dass es überhaupt keine gegen ihn giebt."

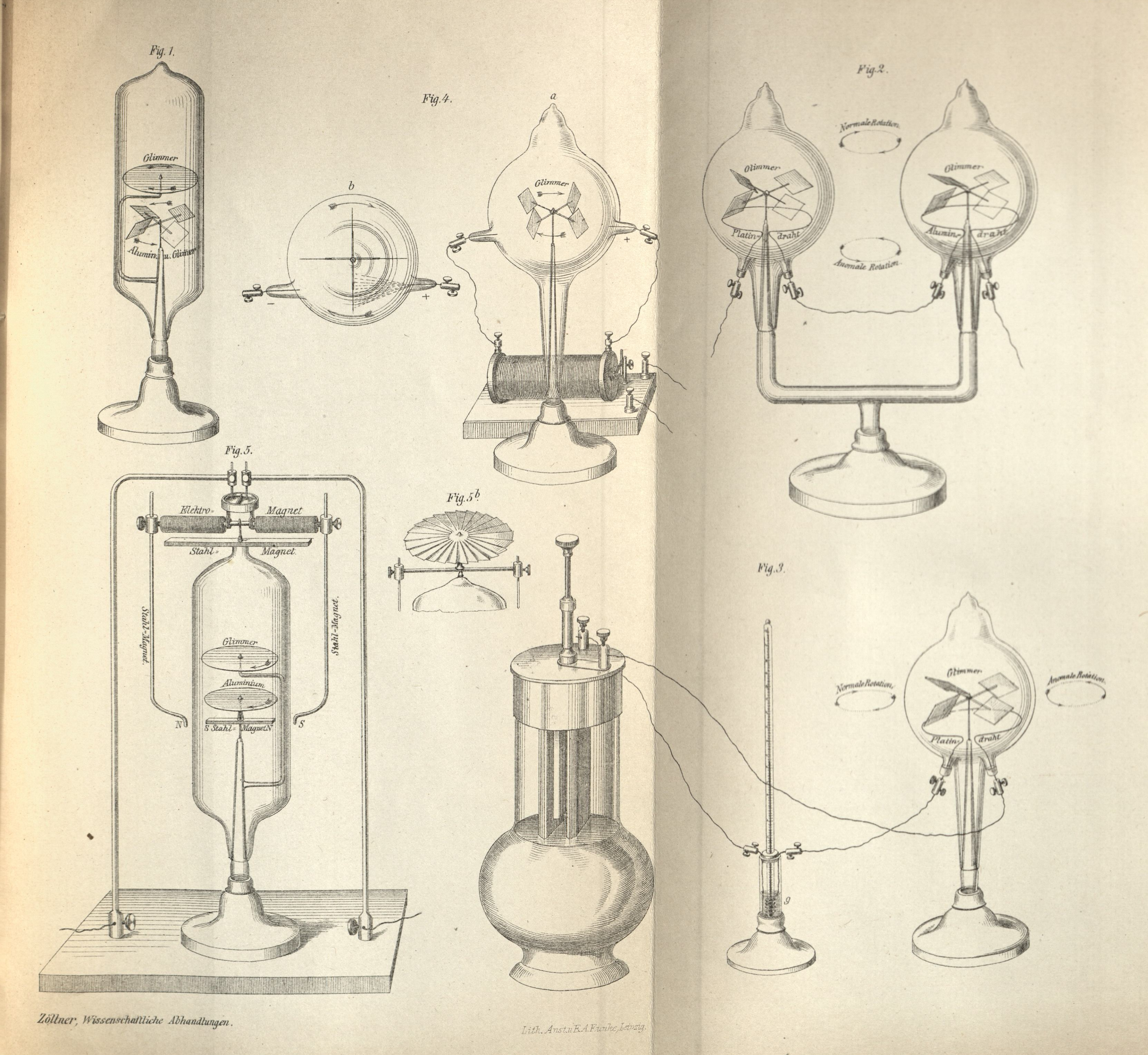
„Sonst zieht man Schlüsse nur aus gelungenen Versuchen und verwirft die misslungenen eben weil sie misslungen sind; in Beziehung auf den Spiritismus zieht man Seitens der Antispiritisten Schlüsse nur aus misslungenen Versuchen und verwirft die gelungenen, eben weil sie gelungen sind. Wäre der, unter den sicherstellendsten Massnahmen angestellte Zöllner'sche Knotenversuch in Leipzig und Breslau nicht gelungen, so würde man etwas darauf geben; da er gelungen ist, gilt er nichts; aber Taschenspielereien, nach denen ihn jeder nachmachen kann, der das Kunststück kennt, nur nicht unter jenen sicherstellenden Bedingungen, gelten. So mit allen, unter der Hand guter Beobachter gelungenen Versuchen in diesem Felde. — Sonst untersucht man in einem neuen Beobachtungsfelde, unter welchen Bedingungen die Versuche gelingen; hier schreibt man ihnen die Bedingungen dazu von vornherein vor, und wenn z. B. ein Versuch unter sichernden Vorsichtsmassregeln im Dunkel oder Halbdunkel gelungen ist, so gilt er nichts, weil er nicht im Hellen gelungen ist; gelingt er aber unter günstigeren Bedingungen auch im Hellen, so gilt er doch nichts, weil er überhaupt gelungen ist. — Sonst hält man Reife der Erfahrung und des Urtheils jeder Untersuchung günstig, hier gilt sie als Altersschwäche, wenn die Untersuchung zu Gunsten des Spiritismus ausfällt; und Eier halten sich hier für klüger als Hennen. — Sonst sieht man, wenn mit Fingern auf Dinge gewiesen wird, danach hin, ob sie auch da sind; hier hackt man gleich die Finger ab, die danach weisen, so braucht man nicht erst danach zu sehen, und schreibt Abhandlungen darüber, dass nichts zu sehen."

G. Th. Fechner
„Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht"
(Leipzig, bei Breitkopf & Härtel 1879).

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

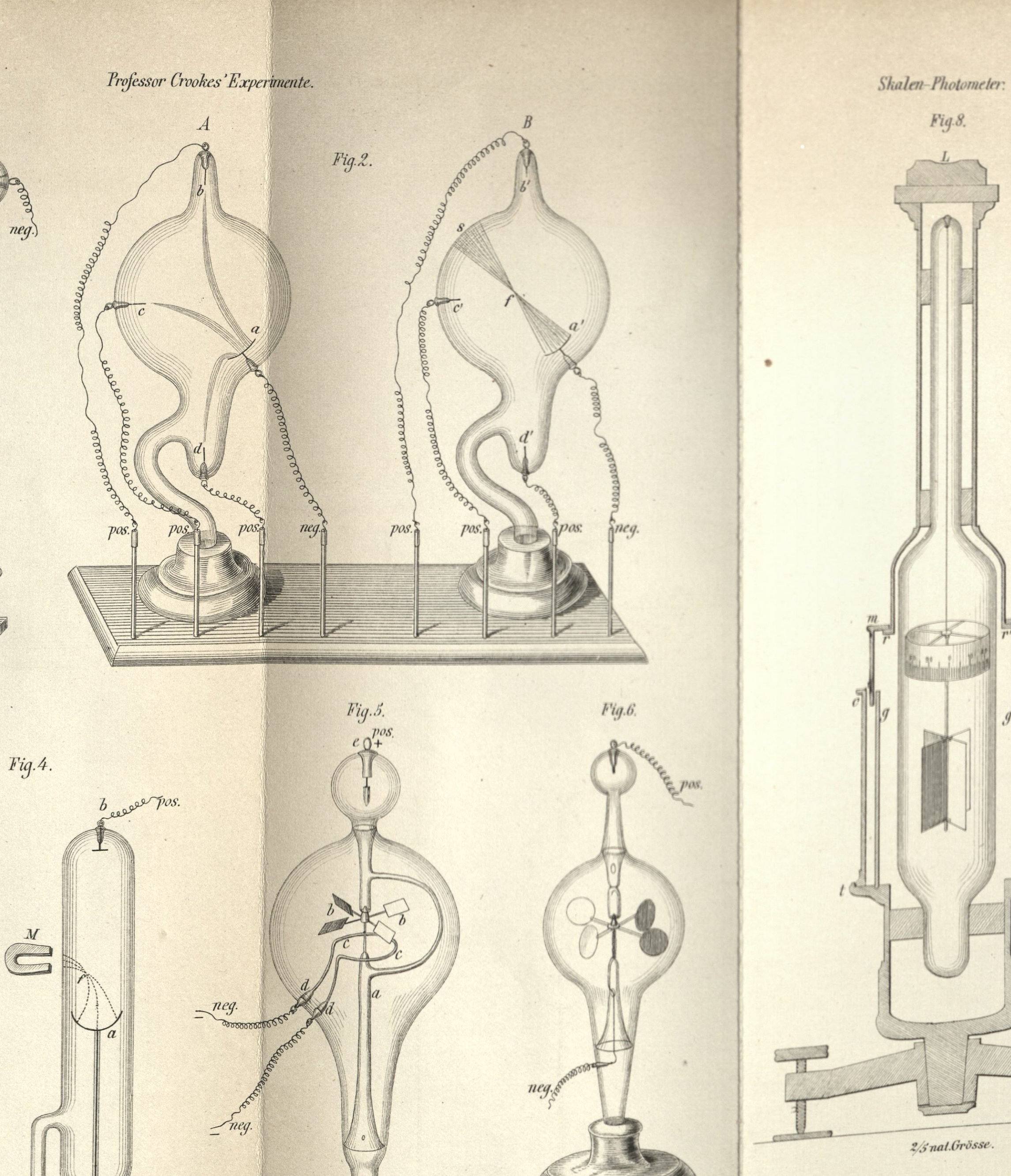


Zöllner, Wissenschaftliche Abhandlungen.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

Professor Crookes' Experimente.

Skalen-Photometer.



Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.